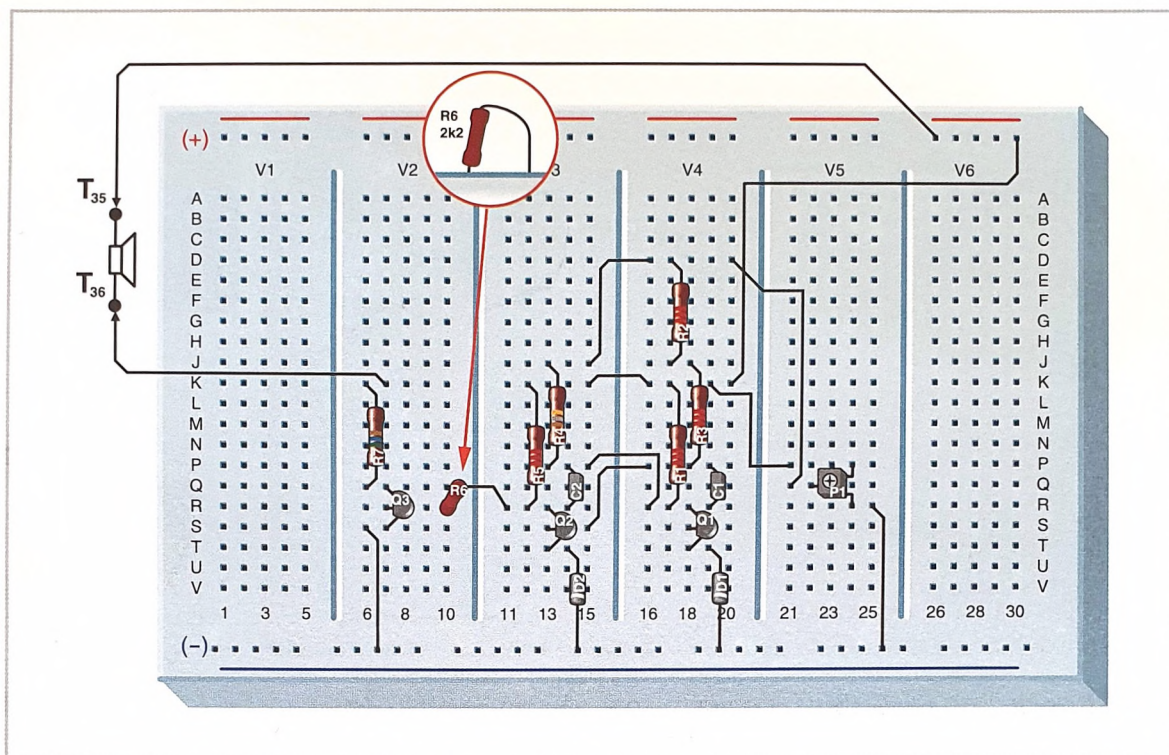
AUDIO

Oscillatore controllato in tensione

VCO deriva dall'inglese Voltage Controlled Oscillator, oscillatore controllato dalla tensione. Se guardiamo attentamente lo schema del circuito potrebbe sembrarci familiare perché, in pratica, è un astabile realizzato con dei transistor, e in cui i transistor Q1 e Q2 conducono alternativamente. Il terzo transistor Q3 viene utilizzato per pilotare l'altoparlante, che, in questo caso, viene impiegato per metterci in condizione di verificare a orecchio le variazioni di frequenza che la modifica della tensione applicata alle resistenze R2 e R4 provoca.

La frequenza dipende dalla tensione

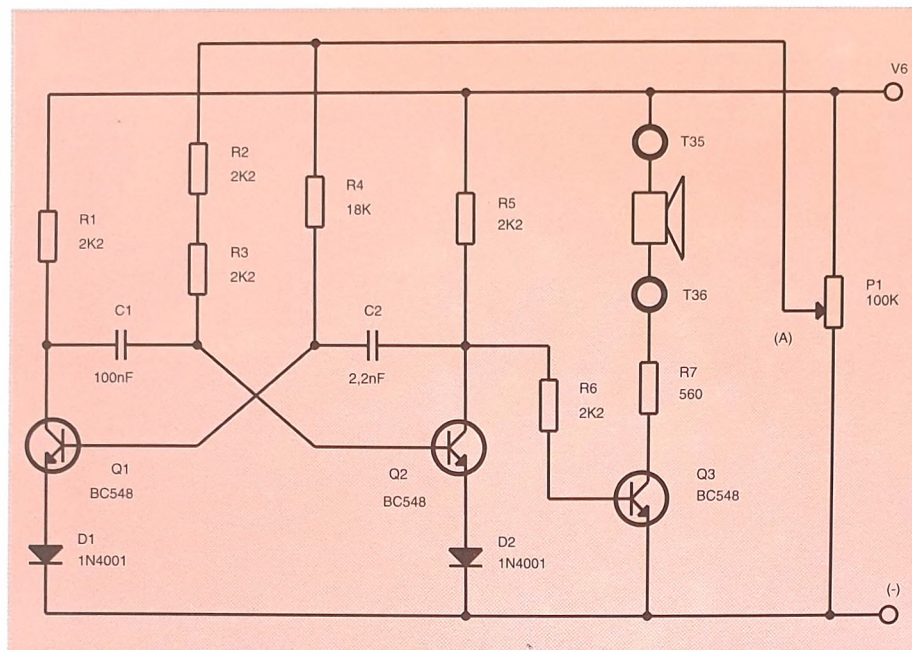
La frequenza

La frequenza generata in questo circuito dipende dal tempo che i condensatori C1 e C2 impiegano a caricarsi attraverso rispettivamente R2, R3 e R4. Un'estremità di ciascuna di queste resistenze viene portata al terminale segnato nello schema con la (A). Si può ottenere la tensione di controllo collegando il terminale A a qualsiasi contatto da V1 a V6 del montaggio realizzato sulla piastra dei prototipi. È anche possibile farlo collegando i terminali estremi del potenziometro con i terminali della piastra dei prototipi (-) e (V6). Il cursore può essere collocato su qualunque valore di tensione tra 0 e 9 Volt. Verificheremo a orecchio la frequenza di uscita quando si produrranno cambiamenti nella tensione applicata al terminale (A), con un procedimento o con l'altro.

Gamma delle frequenze

Questo tipo di circuito funziona all'interno di una vasta gamma di frequenze, ma, se si utilizzano frequenze udibili, non avremo bisogno di strumenti per verificarne il funzionamento: i cambiamenti di frequenza rientrano nella gamma che può essere facilmente apprezzata dall'orecchio umano.

Spiegazione

È logico pensare che se si carica attraverso una resistenza un condensatore, il condensatore si caricherà più rapidamente se la tensione applica-

COMPONENTI	
R1, R2, R3, R5, R6	2K2
R4	18 K
R7	560 Ω
P1	100 K
C1	100 nF
C2	2.2 nF
D1, D2	1N4001
Q1, Q2, Q3	BC548
Altoparlante	

ta è maggiore, oppure viceversa. Il condensatore C2 si carica attraverso la resistenza R4 e il C1 attraverso R2 e R3. Se ci sono variazioni di tensione, quindi, ci saranno variazioni di corrente.

Variando un livello della tensione, si ottiene un cambiamento della frequenza.

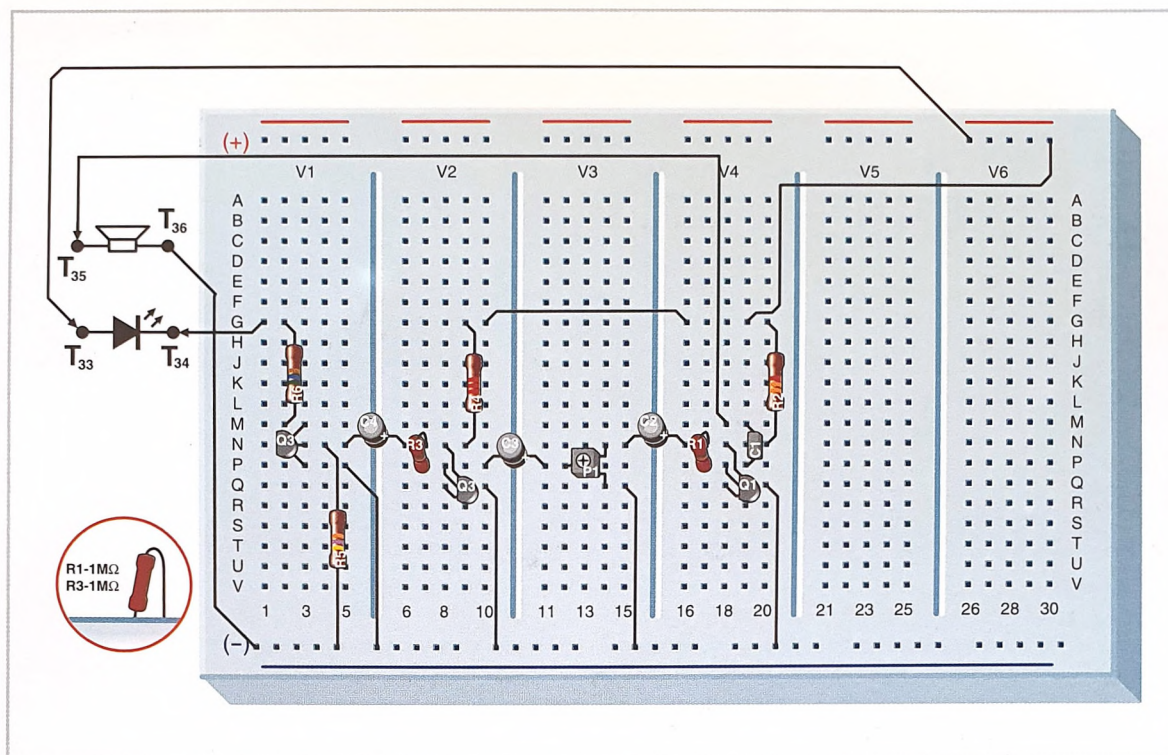
L'esperimento

Come d'abitudine, il montaggio verrà realizzato sulla piastra dei prototipi del laboratorio, facendo attenzione a non confondere le connessioni.

Le connessioni dell'altoparlante sono i terminali delle molle T35 e T36. Lo si può sperimentare cambiando i valori delle resistenze R2, R3, R4 e dei condensatori C1 e C2, ma scartando quei valori che impediscono che il suono emesso dall'altoparlante si senta. È importantissimo non commettere errori sulla polarità dei diodi e sulla distribuzione dei terminali dei transistor.

Rilevatore di rumori

Quando il suono rilevato supera un certo livello, un diodo LED si illumina.

Indicatore luminoso del suono

Il circuito utilizza l'altoparlante come elemento rilevatore del suono, come se fosse un microfono. Il transistor Q1 amplifica il debole segnale generato dall'altoparlante. L'uscita del primo stadio di amplificazione giunge a un potenziometro, con il quale il segnale viene regolato fino ad arrivare al livello adeguato per amplificare l'entrata del secondo stadio amplificatore, simile al primo, ma costruito con un altro transistor del tipo BC548. In questo stadio viene di nuovo amplificato e la sua uscita viene applicata all'ultimo stadio che, quando riceve un livello sufficiente, rende il transistor Q3 in grado di condurre provocando così l'illuminazione del diodo LED, che usiamo per indicare la presenza del suono. Mediante il potenziometro P1 si regola la sensibilità del nostro circuito; quest'ultimo può captare il suono a vari metri di distanza.

Primo stadio

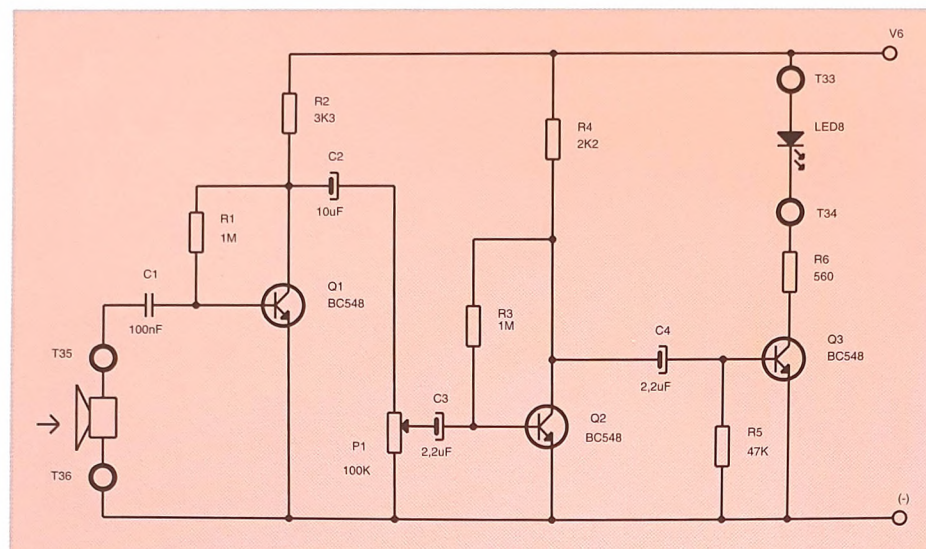
Il primo stadio è formato dal transistor Q1 e dalle resistenze di polarizzazione di base e collettore, rispettivamente R1 e R2. L'entrata e l'uscita non sono accoppiate in corrente continua per non influenzare la polarizzazione dei transistor; a tal fine vengono utilizzati i condensatori C1 e C2 che lasciano passare i segnali alternati, ma non quelli continui.

Secondo stadio

È simile al primo: anch'esso, mediante i condensatori di disaccoppiamento, viene separata la tensione continua. Tra il primo e il secondo stadio di amplificazione viene aggiunto un potenziometro per regolare la sensibilità del circuito. L'amplificazione ottenuta dai due stadi risulta elevata e rende sensibilissimo il circuito: grazie al potenziometro, però, se ne può limitare la sensibilità.

Stadio finale

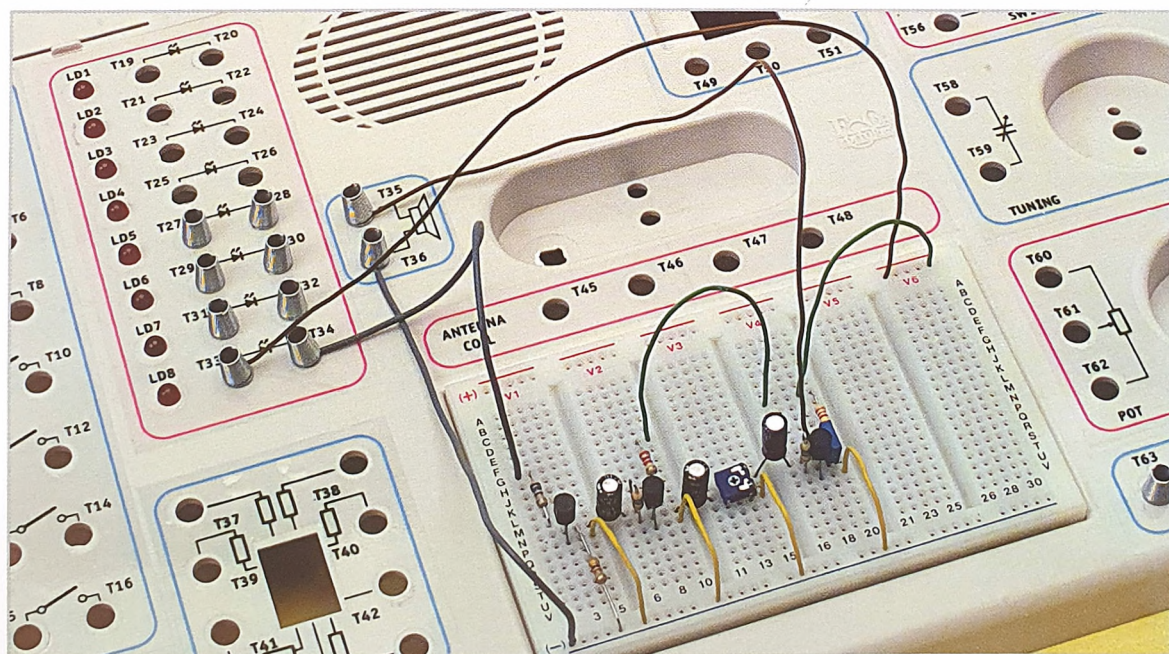
Controlla l'illuminazione del LED: il transistor conduce quando la sua tensione base/emettitore supera 0,6 Volt. La resistenza R6 da 560 Ω limita la corrente che circola attraverso il diodo

Rilevatore di rumori

COMPONENTI	
R1,R3	1M
R2	3K3
R4	2K2
R5	47 K
R6	560 Ω
P1	100 K
Q1,Q2,Q3	BC548
C1	100 nF
C2	10 µF
C3,C4	2,2 µF
LED 8	

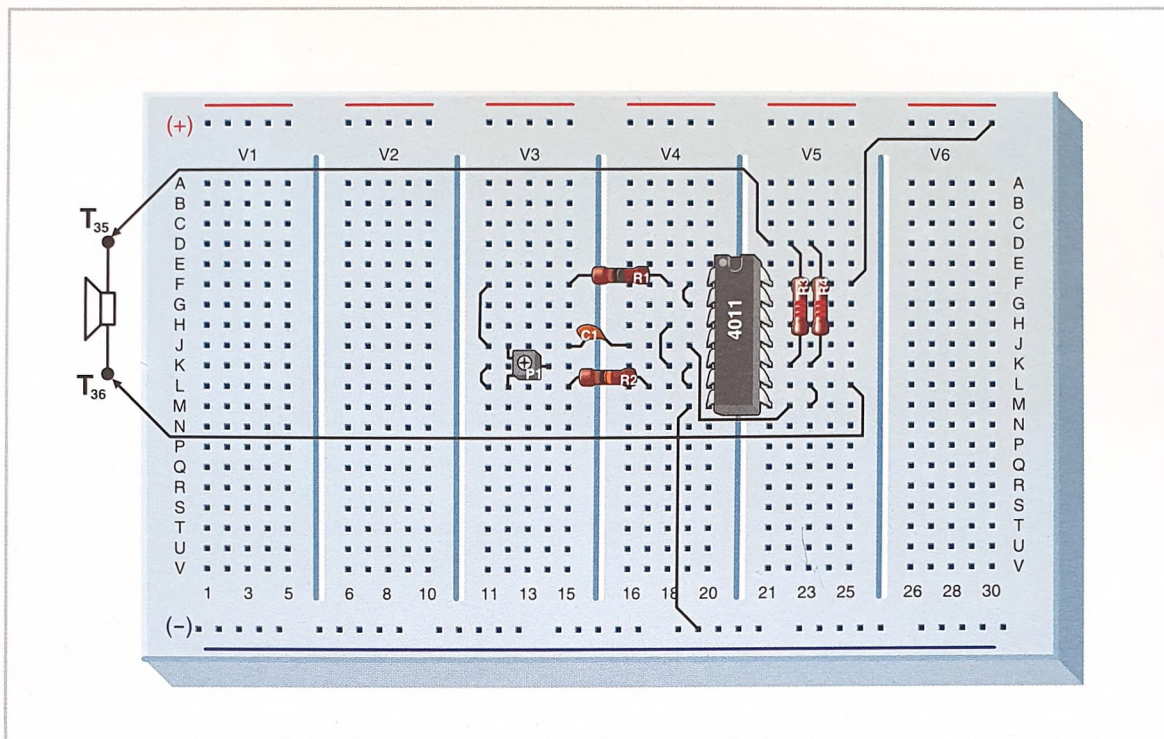
LED. La resistenza R5 facilita il veloce spegnimento del LED quando cessa la polarizzazione di Q3.

Funzionamento

Il diodo LED si illuminerà seguendo il ritmo del suono rilevato; il circuito è sensibilissimo e deve essere regolato a seconda del suono captato. Perché il diodo LED si illumini, è sufficiente parlare davanti all'altoparlante.

Logicamente, prima che si illumini il LED, il circuito è già attivato: si attiva quando la fonte del suono è vicina. Può essere impiegato anche per attivare un allarme quando esiste un rumore. Se il circuito non funziona, dovremo rivedere il montaggio, facendo particolare attenzione all'inserimento dei transistor.

Grazie al potenziometro P1 possiamo regolare la sensibilità del circuito.

Scaccia zanzare

Con i primi caldi inizia la lotta contro le zanzare.

Come tutti gli anni, quando iniziano i primi caldi appaiono le prime pubblicità dei dispositivi per eliminare uno degli inconvenienti dell'estate: le zanzare. Tra i molti finalizzati a combattere questi insetti, noi ci concentreremo su quelli elettronici che, in pratica, si basano sulla generazione di una frequenza altissima molto penetrante che regoleremo fino a che sia inavvertibile per l'orecchio umano.

Il principio

Il principio su cui si basa questo circuito è l'emissione di un segnale che ha una frequenza che risulta estremamente molesta per questi insetti. Alcuni studi su questi ultimi dimostrano che esiste una banda di frequenze particolarmente fastidiosa per le zanzare. Da qui è nato un circuito che genera un segnale elettrico che trasmesso all'altoparlante, genererà un segnale che allontanerà questi piccoli, ma noiosissimi insetti.

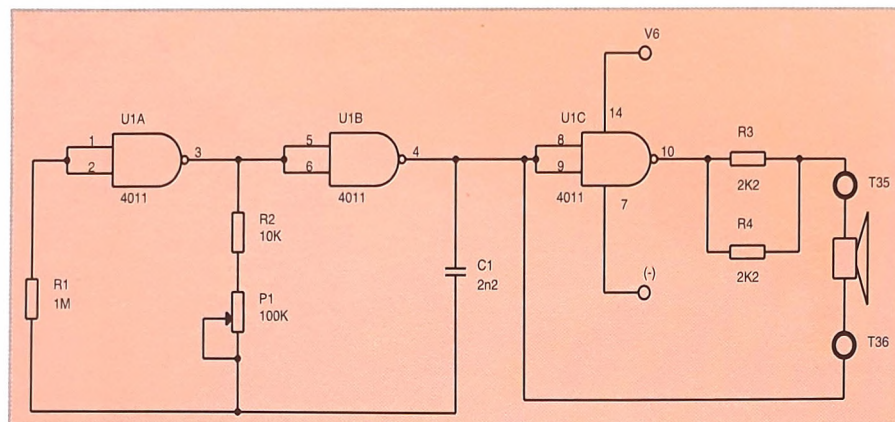
Il circuito

Il cuore del circuito è costituito da un oscillatore astabile con due porte NAND. Il segnale di uscita – terminale 4 – sarà un segnale con un ciclo di lavoro del 50%, poiché il segnale è per una metà del tempo in uno stadio alto e per l'altra metà in uno stadio basso. Nello schema si può vedere che l'altoparlante è connesso da un lato direttamente a un'uscita dell'oscillatore e dall'altro alla medesima uscita invertita.

Regolazione della frequenza

Con i componenti del circuito, avremo un segnale di uscita che potrà variare dai 3,5 KHz – quando il potenziometro è alla sua massima potenza – ai 40 KHz – quando il potenziometro, invece, è a zero. Questi valori sono teorici e possono cambiare di molto a seconda della tolleranza dei componenti. Non c'è una frequenza "fissa" che scacci direttamente gli insetti, per cui regoleremo il potenziometro sul suo primo quarto di percorso, in maniera tale da raggiungere una frequenza d'uscita abbastanza alta. Per verificarne il corretto funzionamento, possiamo regolare il potenziometro sul suo massi-

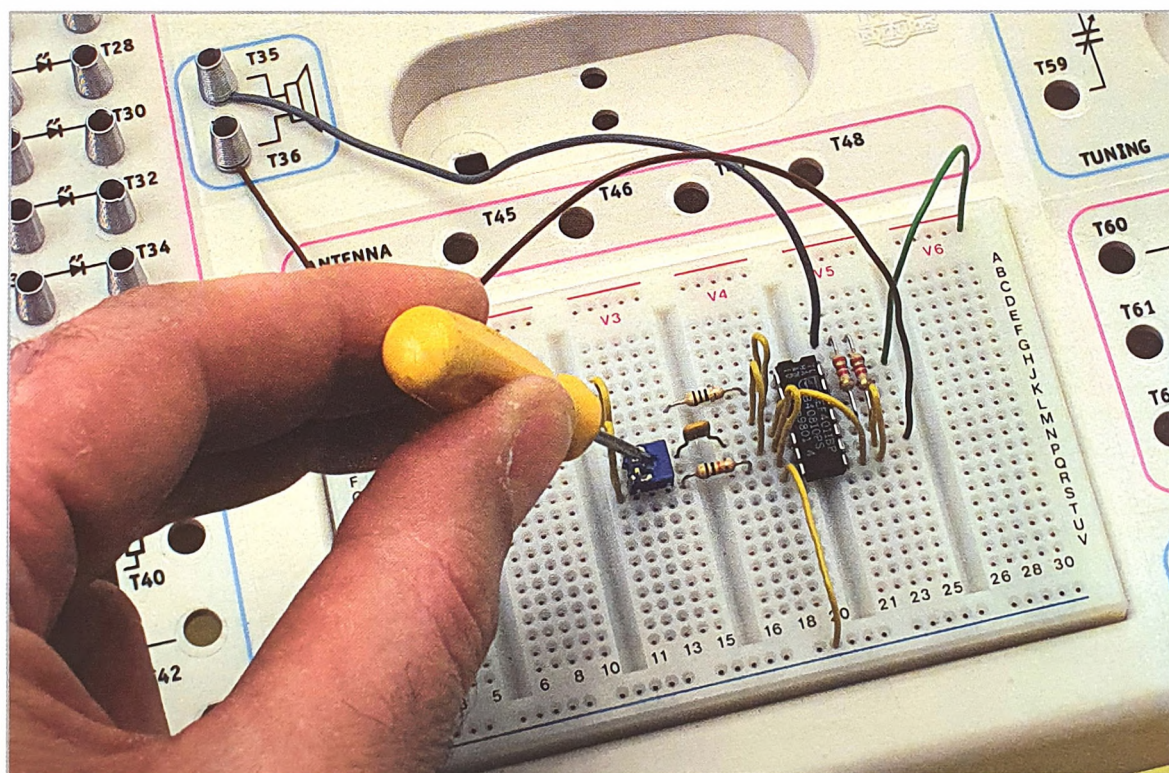
I segnali acuti infastidiscono le zanzare

Scaccia zanzare

COMPONENTI	
R1	1 M
R2	10 K
R3,R4	2K2
P1	100 K
C1	2,2 nF
U1	4011
ALTOPARLANTE	

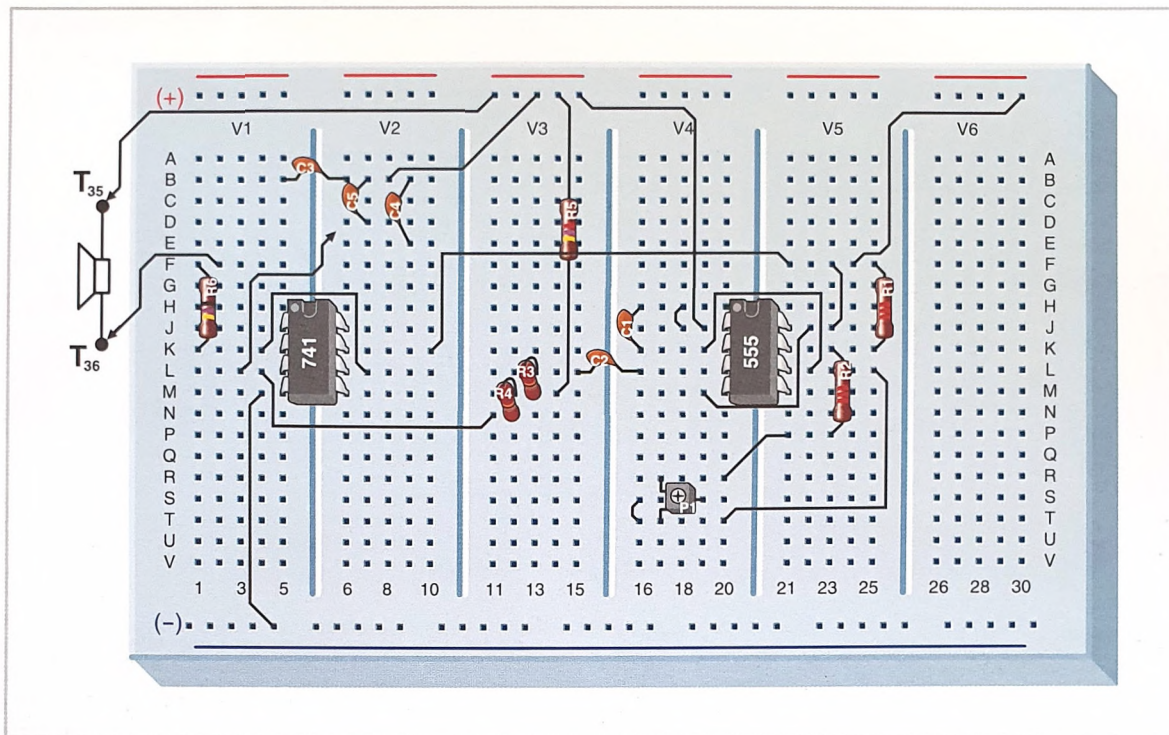
mo valore: vedremo come il segnale in uscita diventi sempre più acuto, fino a diventare inudibile alle alte frequenze, che l'orecchio umano non avverte, ma che sono fastidiose per le zanzare.

Avviamento

Il circuito si alimenta a 9 Volt; dato che il suo consumo è relativamente basso, avrà anche abbastanza autonomia. Collocare l'altoparlante orientato verso uno spazio aperto è importante: in questo modo il suono può espandersi senza venire attenuato da ostacoli e si diffonderà per tutto il perimetro che vogliamo proteggere.

Direzionare l'altoparlante contro una parete non comporta nessun problema, sempre che le onde possano rimbalzare, ma in questo modo si perde in intensità ed efficacia.

Grazie a un potenziometro, si regola la frequenza fino alla scomparsa delle zanzare.

Filtro passa basso attivo

Questo filtro attenua le frequenze vicine che non sono comprese in un determinato valore.

Nel nostro caso studieremo i filtri passa basso, quelli, cioè, che lasciano passare i segnali di bassa frequenza fino a un determinato valore, a partire dal quale i segnali iniziano ad attenuarsi fino a scomparire. La banda di passaggio è il margine di frequenze che possono passare attraverso un filtro.

Risposta di un passa basso

Proprio come dice il suo nome, un filtro passa basso è un circuito che lascia passare le basse frequenze, attenuando i rimanenti segnali di maggior frequenza. In un filtro di questo tipo, si considera banda di passaggio il margine di frequenze che va da 0 Hz – dove l'attenuazione teorica è 0 – fino a quella che chiamiamo frequenza di taglio, che è quella frequenza per cui il segnale di uscita diminuisce del 70% rispetto a quello di entrata. A partire da questa frequenza si entra nella banda attenuata, in cui l'attenuazione cresce sempre più proporzionalmente all'aumento della frequenza, fino ad essere così alta da annullare, in pratica, il segnale di entrata.

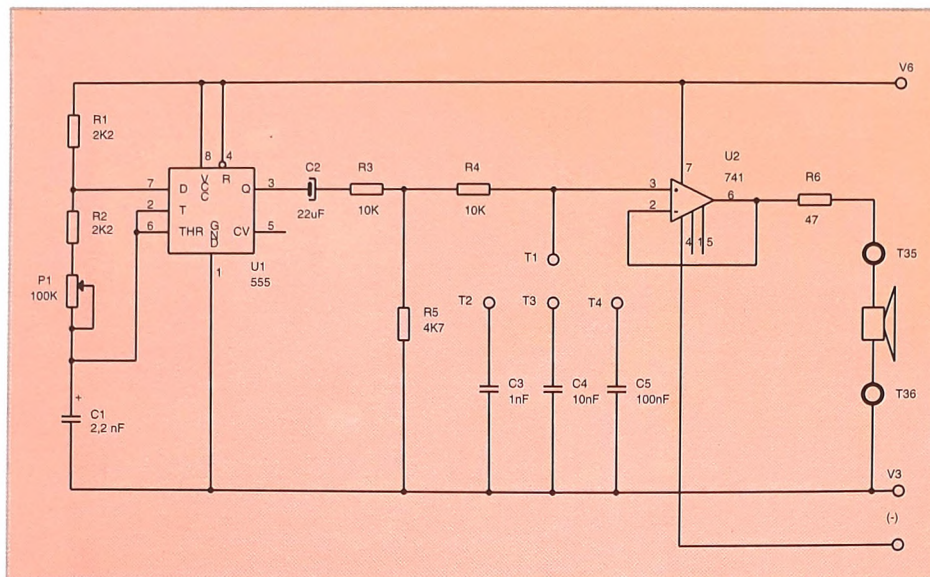
Una RC determina la frequenza a cui un segnale inizia ad attenuarsi

Calcolo della frequenza di taglio

Questa frequenza è quella che caratterizza un filtro, perché definisce la banda di frequenze la cui ampiezza vogliamo non venga attenuata. La possiamo facilmente calcolare applicando una formula in cui verranno inseriti i diversi componenti: resistenza e condensatore. La formula, perciò, sarà: $fc = 1/2\pi R4Cx$, dove Cx, nel nostro caso, è uno qualsiasi dei condensatori C3, C4 o C5. Il valore della frequenza è espresso in Hertz, per cui dovremo esprimere la capacità in Farad.

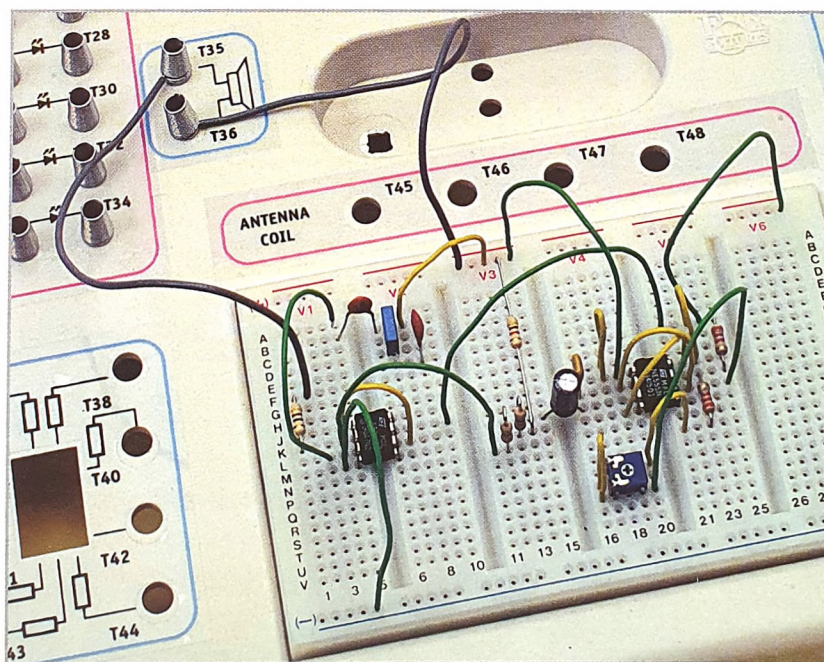
Il montaggio

Il filtro base è passivo; non avremo mai, quindi, amplificazione, ma attenuazione. Per migliorare il filtro abbiamo incorporato all'uscita uno stadio separatore attivo, perché avendo un'alta impedenza di entrata, non influenzi la risposta del filtro; così, per verificarne il funzionamento, possiamo collegare direttamente un altoparlante. Tutto questo sarebbe impossibile se

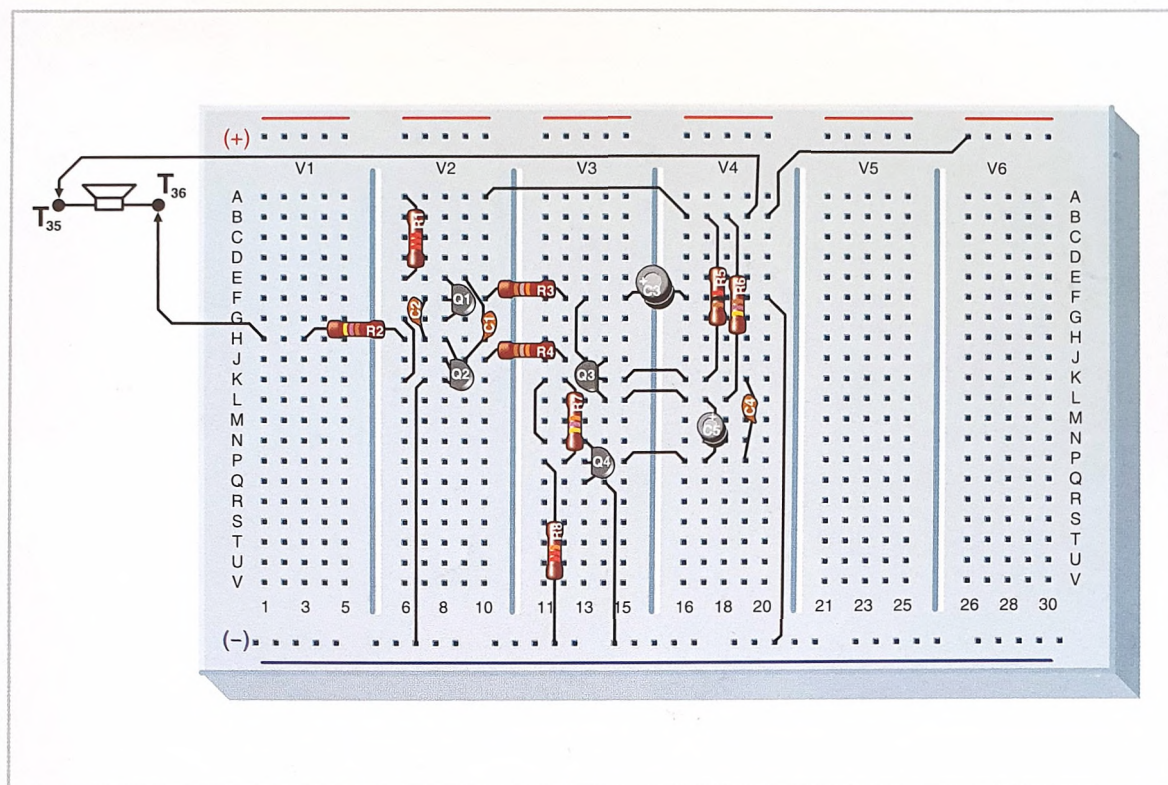
Filtro passa basso attivo

COMPONENTI	
R1,R2	2K2
R3,R4	10 K
R5	4K7
R6	47
P1	100 K
C1	2,2 nF
C2	22 µF
C3	1 nF
C4	10 nF
C5	100 nF
U1	555
U2	741
ALTOPARLANTE	

lo mettessimo direttamente all'uscita del filtro, perché, non avendo un adattamento per l'impedenza, non funzionerebbe come filtro. Abbiamo alimentato simmetricamente il suddetto stadio con ± 4,5 Volt, così da poterlo far lavorare con ogni tipo di segnale. Per verificare l'effetto prodotto dai filtri, colleghiamo all'entrata un circuito astabile con 555 di frequenza variabile e alimentato a 4,5 Volt.

L'esperimento

Per iniziare, collegheremo all'alimentazione il circuito e uniremo T1 e T2. Con questo avremo una frequenza di taglio di circa 16 KHz. Perciò, variando P1, avremo un buon margine di frequenze – da 0 a16 KHz – tuttavia alla massima frequenza di taglio e cioè a 16 KHz, potremo apprezzare poco l'attenuazione, che inizieremo a notare man mano scendiamo verso frequenze più basse. Se ora sostituiamo il condensatore, unendo T1 con T3, quando ruotiamo P1, possiamo osservare che l'attenuazione si presenta molto prima, perché la frequenza di taglio si riduce a 160 Hz. Per comprendere rapidamente l'effetto del "filtraggio" del segnale mediante un passa basso, possiamo inserire un qualunque altro condensatore, calcolare la frequenza di taglio e ruotare P1 per verificare l'effetto della sostituzione.

A seconda di quale condensatore selezioniamo, otterremo tre differenti frequenze di taglio.

Generatore di suono a sirena

Simula il suono delle sirene meccaniche.

Questo circuito può essere molto utile per i modellini delle automobili quando si vuole simulare il suono di una sirena meccanica. La frequenza del suono aumenta e contemporaneamente aumenta anche il livello sonoro fino a raggiungere il valore massimo prefissato.

Il circuito

Il circuito è un oscillatore astabile che è composto dai transistor Q1, Q2 e dai suoi componenti ausiliari. L'altoparlante si collega in serie con la resistenza del collettore di Q2. Questo oscillatore funziona liberamente ed emette un suono periodico quando riceve l'alimentazione. Se osserviamo lo schema, vedremo che ci sono due resistenze da 18K, R3 e R4, che sono collegate al positivo di un condensatore che si carica con l'altro circuito; in questa maniera la tensione varia lentamente nel momento della connessione dell'alimentazione e poi si stabilizza. Ne consegue che la frequenza cambia a seconda di come va aumentando la tensione, finché si stabilizza, simulando il suono caratteristico delle sirene meccaniche e che è dovuto al fatto per cui quando partono il motore è fermo e impiega un po' di tempo a raggiungere la sua massima velocità.

È un oscillatore astabile con qualche modifica

Esperimento 1

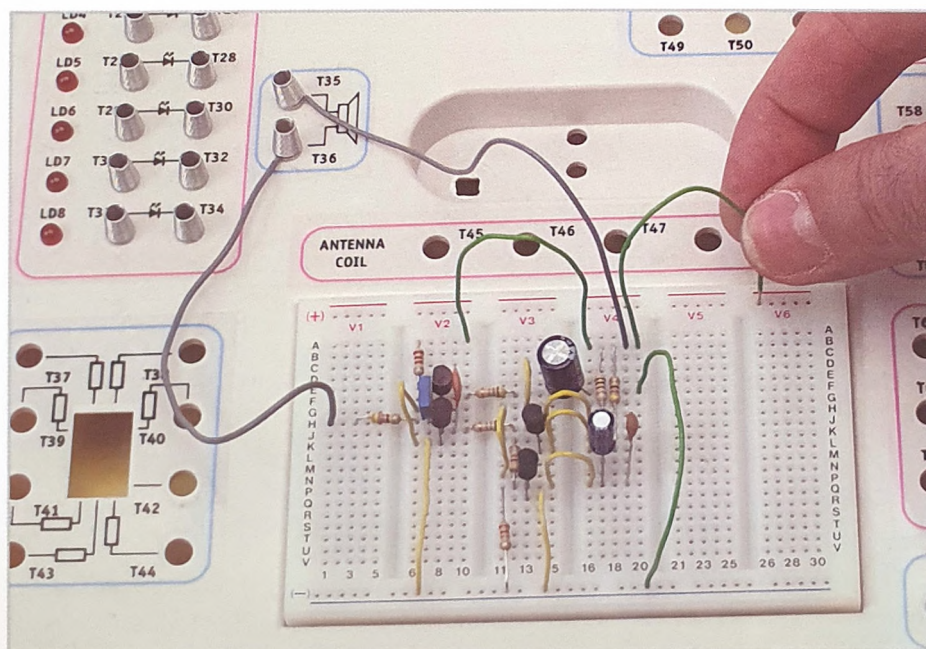
Questo circuito è semplice, ma bisogna effettuare abbastanza connessioni. Per evitare degli errori, vanno seguiti sia il piano di montaggio che lo schema elettrico; in questo caso i quattro transistor utilizzati sono uguali e del tipo NPN, ciononostante si deve fare molta attenzione al loro orientamento per evitare errori di connessione.

Esperimento 2

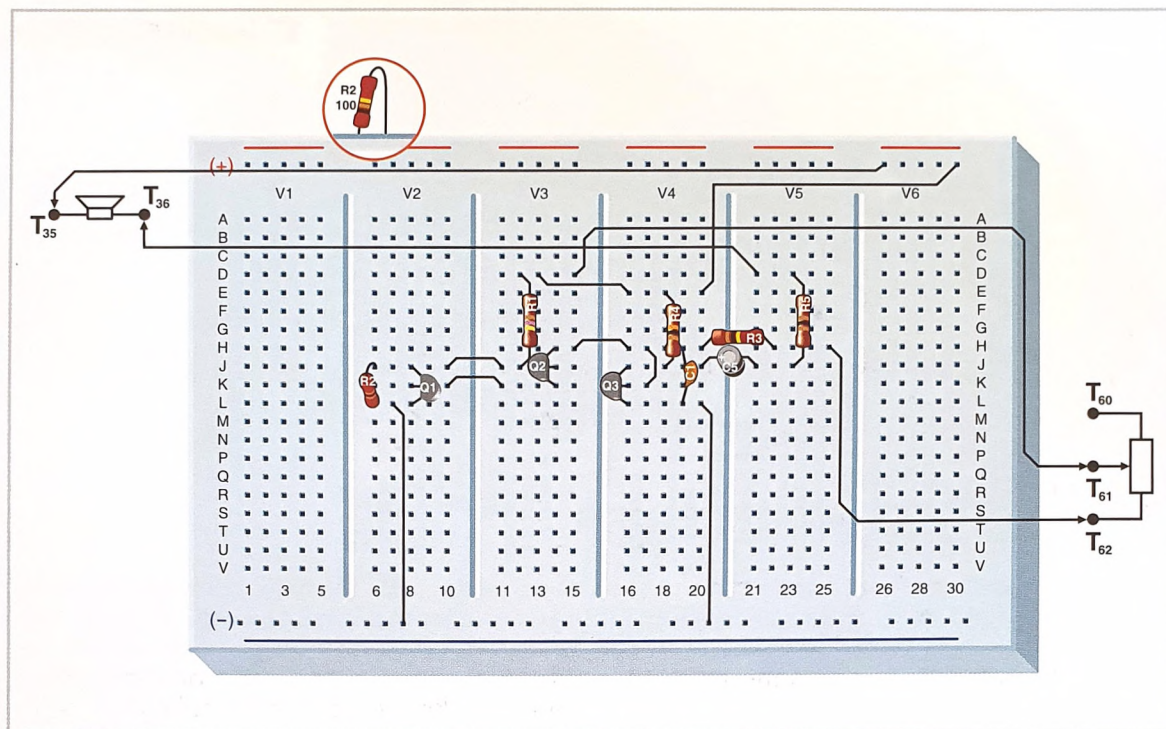
Se si vuole ottenere un livello di suono anche maggiore, si può collegare una resistenza da 680Ω in parallelo con la re-

Generatore di suono a sirena

COMPONENTI	
R1	2K2
R2, R6	470 ΩW
R3, R4	18K
R5	1K
R7	47K
R8	22K
C1	22 nF
C2	100 nF
C3	470 µF
C4	10 nF
C5	10 µF
Q1, Q2, Q3, Q4	BC548
ALTOPARLANTE	

sistenza da 470Ω, R2. Questo montaggio funziona molto sicuramente e consente di realizzare cambiamenti dei componenti, sempre per valori vicini, ottenendo diversi suoni. Raccomandiamo di cominciare cambiando i valori di C1, di C2 e anche di C3, le resistenze R1, R2, R3 eccetera. Si consiglia di realizzare i cambiamenti uno per volta, di tornare al valore originale, di effettuare il cambiamento successivo e di osservare i mutamenti che si producono. Si deve scollegare il cavo che unisce V6 per togliere l'alimentazione, mentre si realizzano le variazioni.

Il suono generato ricorda quello delle sirene meccaniche.

Generatore di frequenze audio

Generatore a dente di sega in banda audio

Questo esperimento consente di ottenere frequenze audio unicamente a partire da alcuni transistor. Si possono sentire con degli altoparlanti e si ottengono agendo sul comando del potenziometro a pannello.

Il circuito

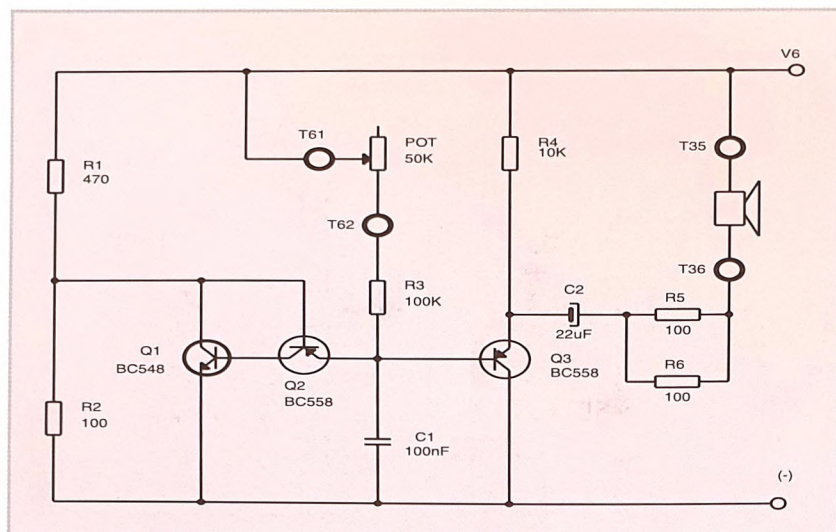
Nel circuito ci sono due parti fondamentali chiaramente differenziate. La parte a sinistra include il condensatore C1 con la sua resistenza di carico, formata dalla resistenza R3 in serie con il potenziometro. In questa parte del circuito si genera un segnale che alle estremità del condensatore è a dente di sega, anche se in realtà è l'inizio del segnale esponenziale di carica del condensatore. Il condensatore si carica in modo esponenziale attraverso la resistenza R3 e il potenziometro, e quando arriva a 1,6 Volt, i transistor Q1 e Q2 si attivano e il condensatore si scarica rapidamente, iniziando poi di nuovo la carica. Il livello di 1,6 Volt viene stabilito dal divisore formato da R1 e R2. Pertanto, questi due transistor agiscono come un interruttore di scarica automatica del condensatore quando la tensione ai suoi estremi supera questa tensione.

La tensione di alimentazione del circuito è di 9 Volt, per cui il condensatore tende a caricarsi a questa tensione. Quando i valori della tensione sono intorno a circa 1,6 Volt, il carico può quasi essere considerato come lineare; per questo, diciamo che il segnale è praticamente un segnale a dente di sega perfetto (si carica linearmente fino a 1,6 Volt, si scarica fino a 0 Volt e poi il processo si ripete). Grazie al potenziometro cambiamo il tempo di carica del condensatore e, quindi, la frequenza del segnale. Questo segnale controlla la conduzione di Q3, la cui resistenza del collettore prende il segnale di uscita attraverso un condensatore di disaccoppiamento, C2, per eliminare la corrente continua; si applica all'altoparlante mediante le resistenze R5-R6 che riducono il carico del circuito.

Un "particolarissimo" generatore audio

Funzionamento

Una volta che il circuito si collega all'alimentazione deve emettere un suono acuto attraverso l'altoparlante, che varia la fre-

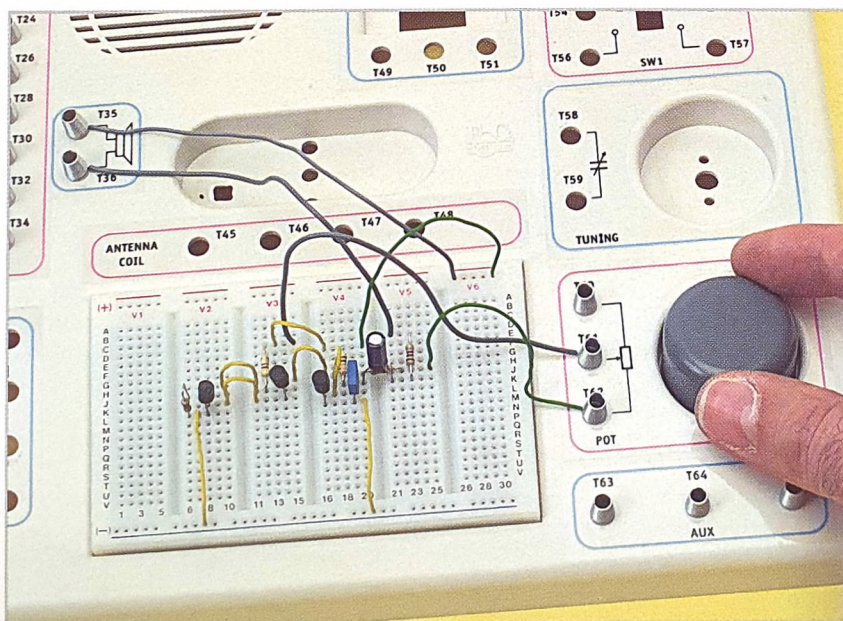
Generatore di frequenze audio

COMPONENTI	
R1	470 Ω
R2, R5	100 Ω
R3	100 K
R4	10 K
R6	100 Ω o 470 Ω
Q1	BC548
Q2, Q3	BC558
C1	100 nF
C2	22 µF
ALTOPARLANTE	
POT	

quenza quando si agisce sul comando del potenziometro. Il circuito oscillerà solamente, perché il condensatore si starà caricando e scaricando costantemente, per lo meno fintanto che rimane alimentato.

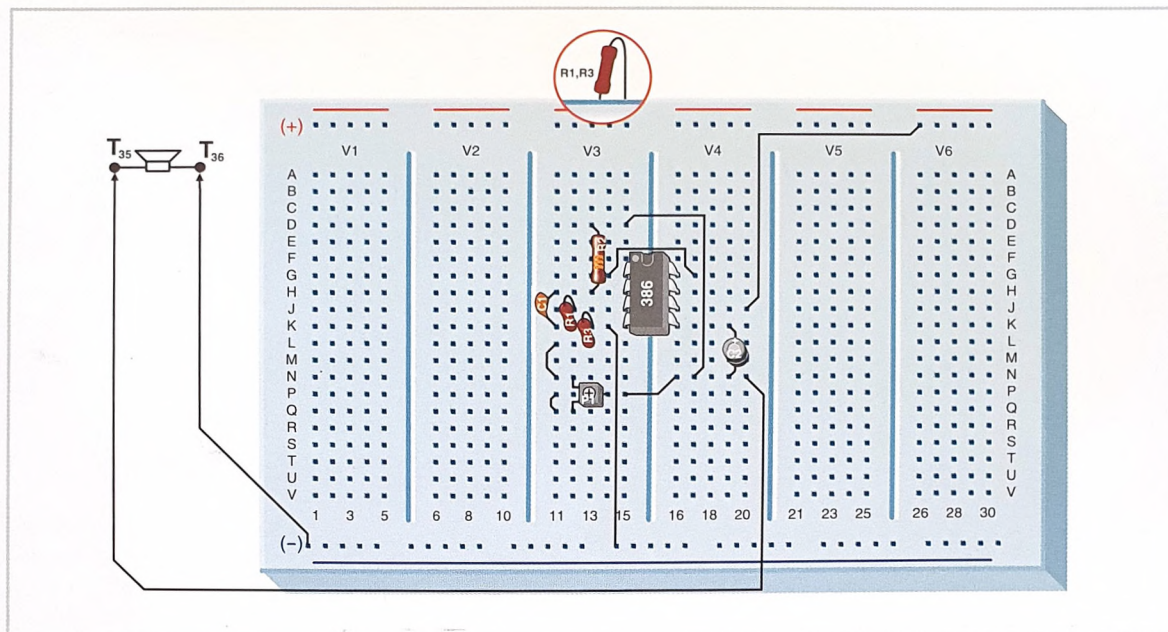
Esperimento 1

Cambiamo la frequenza del segnale d'uscita e per far ciò abbiamo la possibilità di poter scegliere fra varie opzioni. Se la variazione che vogliamo effettuare non è molto rilevante, possiamo aumentare o diminuire di un poco la resistenza R2. In questo modo, diminuiremo, o aumenteremo, la frequenza e aumentando il livello della tensione, il condensatore si scaricherà.

Esperimento 2

Possiamo effettuare un'altra variazione di maggiore entità mutando il valore totale della resistenza POT + R3 o il valore del condensatore C1. Un aumento della resistenza e/o del condensatore, produrrà una diminuzione della frequenza, mentre una diminuzione della resistenza e/o del condensatore, darà luogo ad un aumento della frequenza del segnale. Se utilizziamo un condensatore di tipo elettrolitico, dobbiamo fare attenzione a collocare il terminale negativo al negativo dell'alimentazione. Se non dovessimo disporre ancora di un'altra resistenza da 100 Ω per R6, possiamo fare a meno di collocarla, ma il suono avrà un minore livello; possiamo sostituirla anche con una resistenza da 470 Ω.

Il condensatore C2 evita che la tensione continua arrivi all'altoparlante.

Generatore di onda quadra

Onda quadra di 1 kHz ottenuta con un amplificatore di potenza.

Il circuito ha un aspetto semplice, dato che utilizza un circuito amplificatore audio accoppiato ad un altro di controreazione. La potenza audio in uscita è elevata e la si può utilizzare in sistemi a cui viene richiesto un allarme sonoro molto potente.

Il circuito

Il circuito si basa nelle proprietà di utilizzazione dell' LM386, circuito integrato progettato per la costruzione di amplificatori audio di 500 mW di potenza.

Alla sua uscita si applica un condensatore di disaccoppiamento per eliminare la componente continua del segnale che è controreazionato dalla resistenza R3 e dal potenziometro P1 attraverso l'ingresso non invertito.

Abbiamo anche una controreazione negativa attraverso la resistenza R2.

Con il potenziometro P1 potremo regolare la frequenza con un valore approssimativo di 1 kHz.

Esperimento 1

Montati i componenti del circuito sulla piastra dei prototipi, si collegano il positivo dell'alimentazione a V6 e il negativo a (-). Il circuito deve emettere un forte suono, di cui possiamo regolare la frequenza mediante il potenziometro P1. Se si cambia l'alimentazione da V6 a V5, il circuito dovrebbe continuare a funzionare, ma il suono si indebolirà un poco. Se, adesso, cambiamo l'alimentazione da V5 a V4, staremo alimentando solamente 6 Volt, il suono si indebolirà ulteriormente, ma sarà ancora abbastanza potente da poter essere considerato molesto.

Frequenza regolabile e potenza elevata

Esperimento 2

Questo tipo di circuito viene utilizzato per ottenere suoni stridenti nei sistemi di allarme acustico in uso nelle proprietà private. Quando li si utilizza per effettuare degli esperimenti, possono sicuramente essere fastidiosi anche per lo stesso sperimentatore. In questo caso, si raccomanda di attenuarne il suono e a tale scopo è sufficiente interporre una resistenza in serie con l'altoparlante, che può essere da 100Ω, da 470Ω, da 1 K eccetera, a seconda dell'attenuazione desiderata.

Esperimento 3

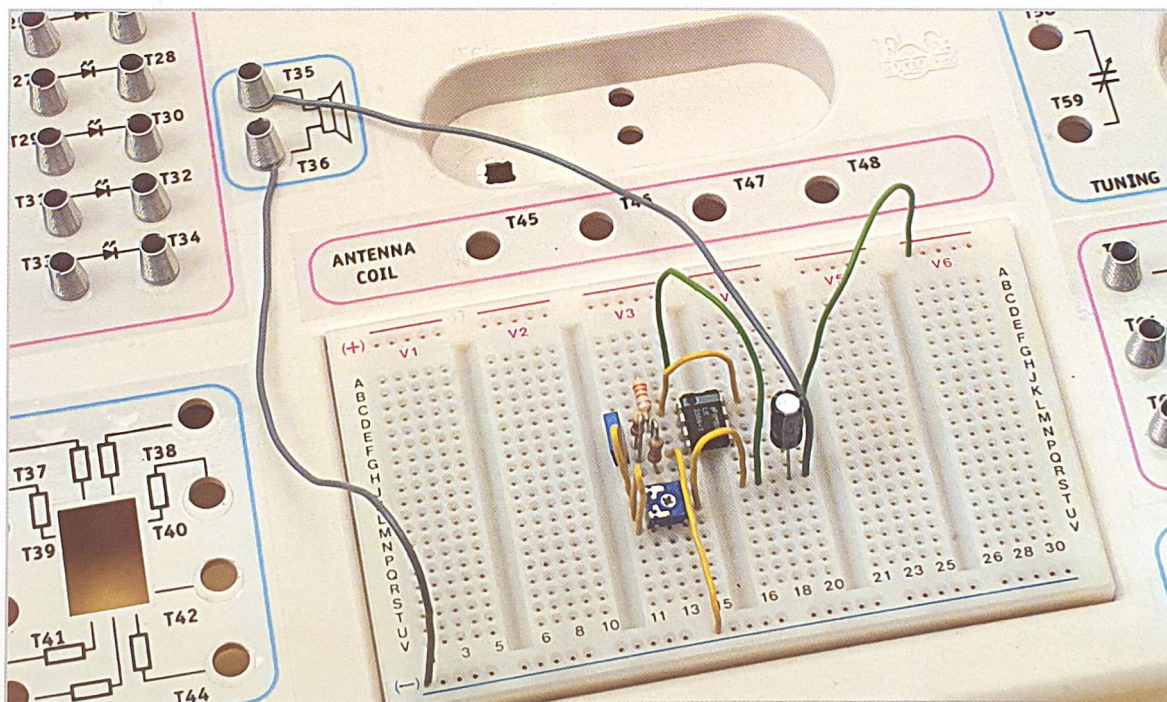
Se si vuole utilizzare un altoparlante esterno, si possono

Generatore di onda quadra

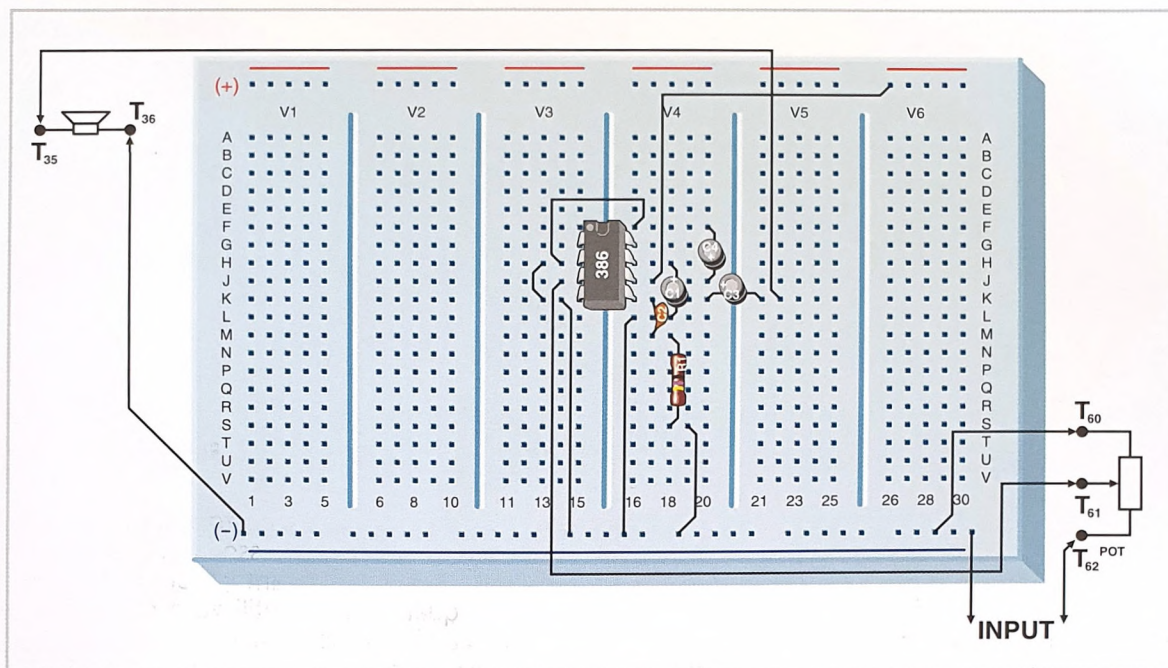
COMPONENTI	
P1	5 K
R2	33 K
R3	8K2
C1	100 nF
C2	47 µF
U1	LM386
ALTOPARLANTE	

portare le connessioni d'uscita alle molle ausiliarie e da queste a un altoparlante, anche se dobbiamo prima verificare che la sua impedenza sia di 8 Ohm, o maggiore. Con un altoparlante di quelli normalmente utilizzati sulle autovetture, o simile, possiamo raggiungere un alto rendimento sonoro.

Conclusione

Questo circuito, in se stesso, non è interessante; comincia a diventarlo quando viene utilizzato come parte del sistema di controllo di allarme e il funzionamento di questo generatore è controllato da un altro circuito. Possiamo sicuramente usarlo come se fosse un campanello, ma dobbiamo tenere conto del fatto che l'alimentazione deve essere continua e non deve superare i 9 Volt.

Oscillatore di potenza a onda quadra.

Amplificatore audio da 500 mW

500 mW di potenza audio in un altoparlante da 8 W.

Il circuito integrato LM386 è stato progettato per la fabbricazione di amplificatori audio fino a 500 mW; possiamo alimentarlo con una tensione continua dai 4 ai 12 Volt. Quando è necessario un amplificatore audio, esso viene notevolmente utilizzato. Il potenziometro di controllo del volume consente di regolare il livello d'entrata.

Il circuito

Il circuito viene progettato basandosi sulle raccomandazioni del costruttore. Il guadagno ottenibile con questo montaggio è di 20. L'uscita del circuito si disaccoppia in corrente continua con un condensatore da 100 mF per evitare che la corrente continua, che non trasporta informazioni audio, giunga all'altoparlante. Il condensatore C4 filtra e rende omogenea l'alimentazione; se lo si toglie, è possibile che l'altoparlante emetta suoni indesiderati. La rete formata dal condensatore C2 e dalla resistenza R1 viene impiegata per evitare che il circuito oscilli con le alte frequenze e che emetta alte frequenze, che possono manifestarsi con acutissimi sibili.

Controllare la distorsione diminuendo la potenza d'uscita

Controllo del volume

Il controllo del volume si attua mediante la divisione della tensione, usufruendo di un potenziometro a pannello logaritmico, cosicché la regolazione del volume sia graduale. L'entrata del circuito avviene attraverso il terminale T62. Queste connessioni sono realizzate con cavi schermati: la schermatura viene collegata al negativo, a (-), e il collettore interno a T62.

Esperimento 1

Per riuscire a ottenere un suono, possiamo utilizzare la connessione d'uscita della cuffia di un walkman, applicandola all'entrata di questo circuito. Ascolteremo il suono all'altoparlante.

Esperimento 2

Il costruttore del circuito integrato indica che possiamo ottenere una potenza di 500 mW con un altoparlante da 8 W, ma con un alto livello di distorsione: circa del 10%. La distorsione è perfettamente avvertita a orecchio, per cui è consigliabile ab-

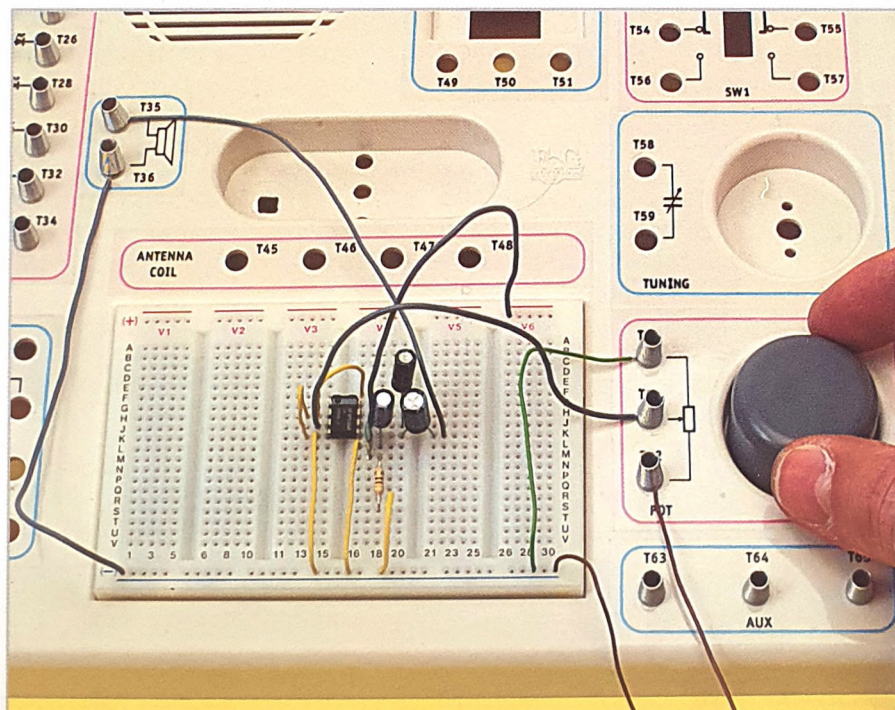
Amplificatore audio da 500 mW

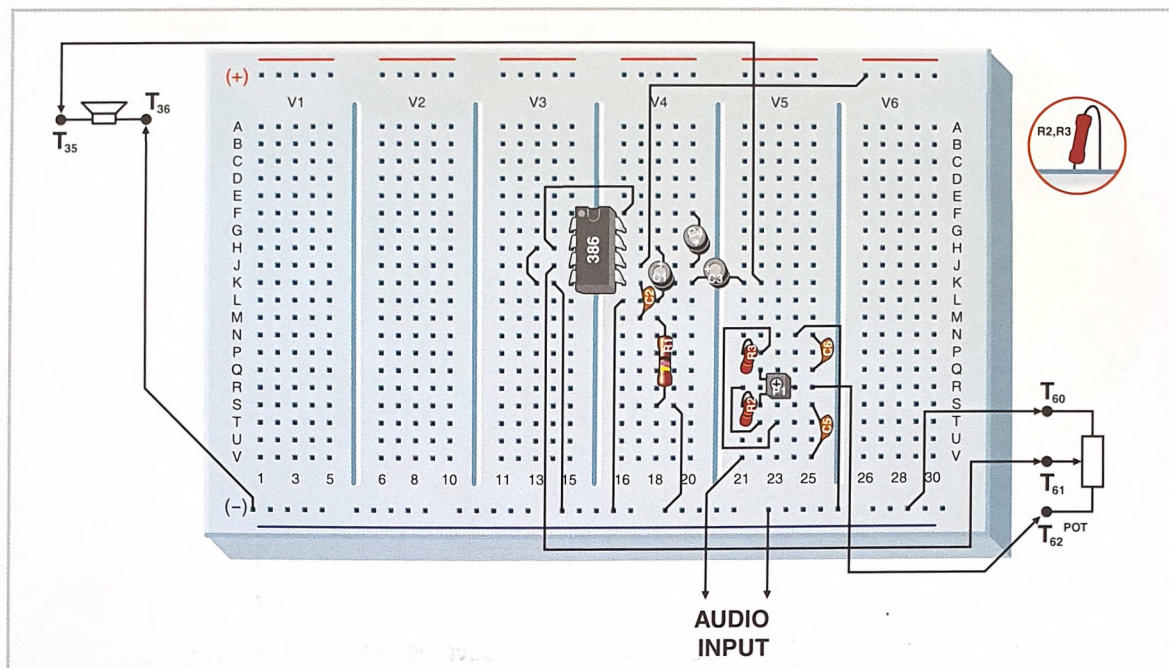
COMPONENTI	
R1	47 Ω
C1	10 μF
C2	22 nF
C3	100 μF
C4	47 μF
U1	LM386
POT	
ALTOPARLANTE	

bassare un poco il volume e diminuire la potenza d'uscita. Avvertiremo maggior chiarezza del suono e la distorsione sarà minore. Perché non venga distorto, dobbiamo considerare anche il segnale applicato all'entrata. Il comando del volume dell'apparecchio che regola il segnale deve essere posizionato approssimativamente a un quarto della sua posizione iniziale. Anche se di norma acquisendo il segnale da qualunque presa AUDIO OUT di una qualsiasi apparecchiatura, questo tipo di uscita è fissa e non può essere controllata dal comando del volume dell'apparecchiatura stessa.

Amplificatore audio di potenza, con controllo del volume.

Altoparlante esterno

L'altoparlante dell'apparecchiatura può venire sostituito da un altro esterno; le dimensioni non hanno importanza, ma l'impedenza deve essere di 8 W o maggiore. Deve possedere una cassa di risonanza per garantire la riproduzione delle note basse. L'altoparlante posto sul pannello frontale utilizza come cassa di risonanza il volume dell'interno dell'apparecchiatura.

Amplificatore con controllo degli acuti

Amplificatore audio con stadio passivo di controllo degli acuti.

Questo circuito di controllo degli acuti è un "classico" nel suo campo e viene, quindi, molto utilizzato; inoltre, è passivo, non amplifica, e non ha bisogno di alimentazione. È costituito dai condensatori C5 e C6 e dalle resistenze R2 e R3, oltre che dal potenziometro P1.

Il circuito

Come regola pratica, e perché il circuito funzioni correttamente, C6 deve essere dieci volte maggiore rispetto a C5 e R2 dieci volte maggiore rispetto a R3. Dividiamo la resistenza del potenziometro P1 in due parti, una da 90K e l'altra da 10K, separate, logicamente, dal contatto del cursore e collegate in modo che la resistenza più piccola sia rivolta verso R3. In questa posizione, se applichiamo un segnale audio all'entrata proveniente, per esempio, dall'uscita degli auricolari di un walkman, lo ascolteremo all'altoparlante senza dover apportare nessuna modifica. A seconda di come spostiamo il cursore del potenziometro verso la resistenza R2, l'attenuazione delle frequenze più acute diminuisce e, quindi, viene facilitata la riproduzione di queste frequenze, tanto più quanto più esse sono acute. Se, però, giriamo il cursore nell'altro senso cioè, verso la resistenza R3, si produce un'attenuazione delle frequenze acute, esattamente all'opposto rispetto a quanto avveniva prima.

Consente di aumentare o diminuire i toni maggiormente acuti

Controllo del volume

Il controllo del volume è indipendente da quello del tono e non subisce modifiche; sicuramente, l'amplificatore, considerato nel suo insieme, avrà meno guadagno a causa dell'attenuazione introdotta dal circuito correttore degli acuti.

Esperimento 1

Questo circuito non modifica la risposta alle note più basse della banda audio; basta collegare un segnale audio proveniente da una sorgente che contenga note gravi per verificare che non si attenueranno se verranno amplificate. Tuttavia, può sembrare che diminuendo le note più acute, si amplifichino quelle più gravi e viceversa.

Amplificatore con controllo degli acuti

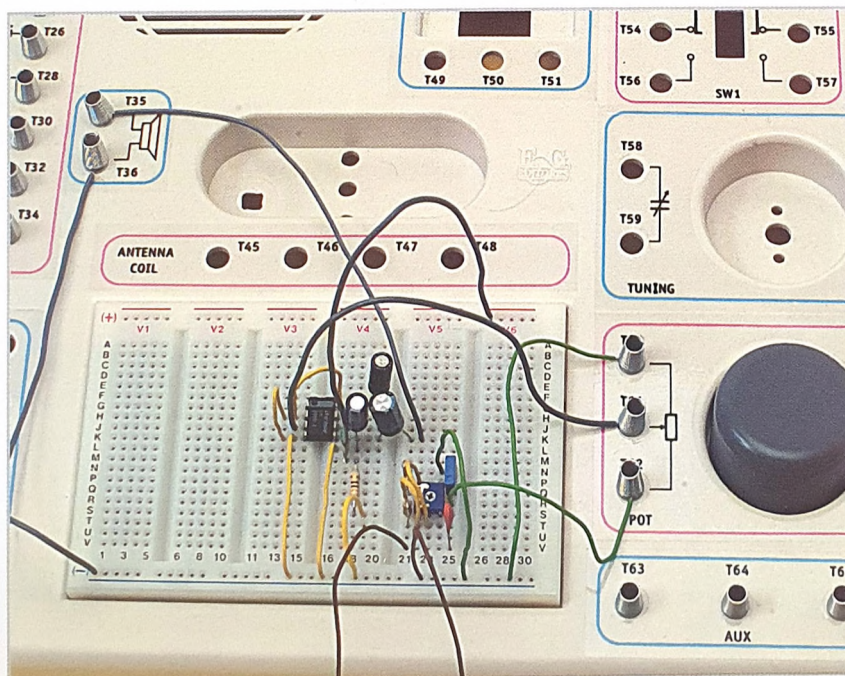
COMPONENTI	
R1	47 Ω
R2	10 K
R3	1 k
C1	10 µF
C2	22 nF
C3	100 µF
C4	47 µF
C5	10 nF
C6	100 nF
P1	100 K
U1	LM386
POT	
ALTOPARLANTE	

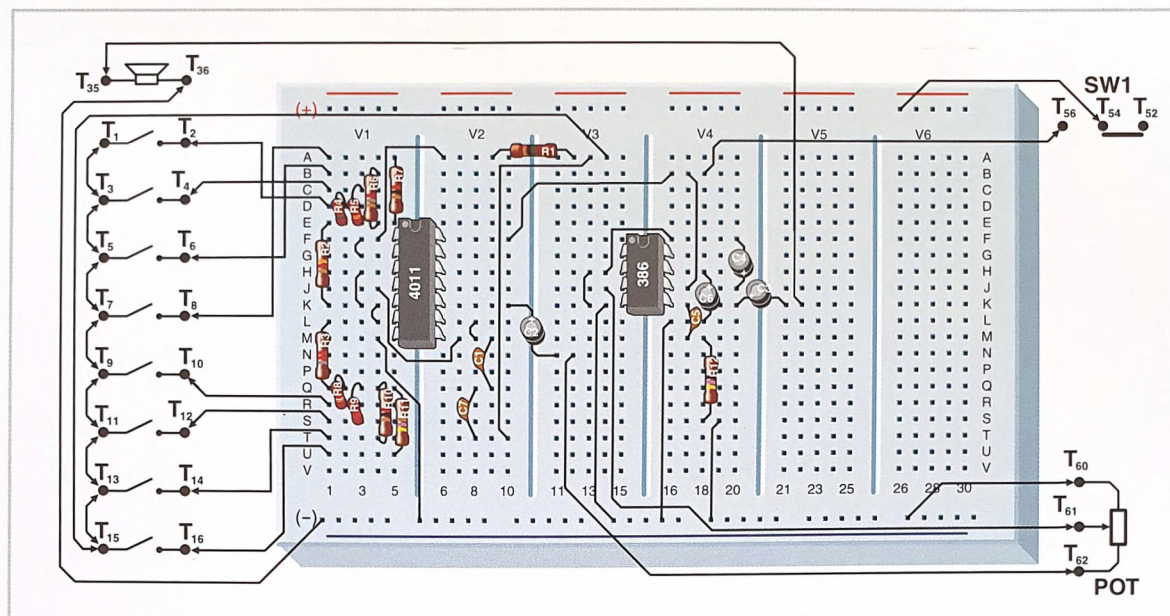
Esperimento 2

Invece di applicare all'entrata del circuito un segnale musicale proveniente da una registrazione, è meglio introdurre una frequenza proveniente da un generatore – per esempio AUDIO 6 o TECNICHE 11 – scegliendo una frequenza alta udibile dall'altoparlante. Muovendo P1 nell'uno o nell'altro senso, il suono udibile all'altoparlante aumenta o diminuisce di livello. Se diminuiamo la frequenza, vedremo che a partire da un certo punto, la posizione del cursore del potenziometro P1 non influisce, perché, anche se si ruota, non si attenua né si aumenta il volume dell'uscita. Aumentiamo di nuovo la frequenza e verificheremo l'effetto del potenziometro P1 aumentando o attenuando il segnale d'uscita; l'effetto si nota maggiormente quanto più alta diventerà la frequenza del segnale applicata all'entrata. Si deve tener conto del fatto che l'orecchio umano è sensibile alle frequenze tra i 20Hz e i 20kHz, anche se poche persone sono in grado di sentire bene vicino a questi due limiti. Inoltre, se usciamo da questa banda, non potremo realizzare l'esperimento perché non saremo più capaci di sentire il segnale.

Amplificatore audio di potenza, con controllo del volume.

Esperimento 3

Il circuito può essere modificato utilizzando per C5 un condensatore da 22 nF e per C6 un altro da 220 nF. Il cambiamento maggiore è il fatto che la frequenza a cui inizia a notarsi l'attenuazione del potenziometro P1 è differente.

Organo elettronico

Il circuito genera tutte le note all'interno di un'ottava.

Il circuito è un piccolo organo elettronico, forse il più semplice che sia possibile costruire, con tutta la scala di note della 5ª ottava, di cui mostriamo nella tavola le frequenze. Ogni pulsante corrisponde a una delle note musicali della scala che potremo ascoltare attraverso l'altoparlante. Il volume del suono può essere regolato con il potenziometro del pannello frontale del laboratorio.

Funzionamento

Il circuito ci servirà per avere un primo contatto con il mondo della musica elettronica. È un semplice montaggio in cui un oscillatore astabile genera ogni frequenza delle note musicali. A tale scopo, ogni pulsante ha associate delle resistenze diverse che formano parte della formula con cui si calcola la frequenza dell'oscillatore e che faranno sì che la frequenza dell'uscita associata a ogni pulsante sia differente. L'uscita dell'oscillatore si inverte prima di essere applicata all'entrata dell'amplificatore. Il segnale di uscita della porta invertente U1C, viene applicato all'entrata dell'amplificatore mediante il potenziometro, che ci servirà per controllare il livello del segnale dell'entrata in questo amplificatore e, quindi, il segnale dell'uscita dell'altoparlante. Perché il circuito sia operativo, dobbiamo collegare l'alimentazione al circuito stesso mediante il commutatore SW1, che, in questo caso, viene utilizzato come interruttore.

Ogni pulsante genera una nota musicale

Calcolo delle frequenza

Per calcolare le note musicali, dobbiamo tenere conto della piccola resistenza del pulsante. La formula della frequenza è f = 1/(2,2*Rx*CT). Il condensatore CT è costituito dai condensatori C1 e C7 che sono collegati in serie, per cui il suo valore sarà: CT = 100*100/(100 + 100) = 50 nF. Il valore della resistenza Rx sarà quello delle resistenze associate a ciascun pulsante. Così, ad esempio, il pulsante P3 ha una Rx = 12K + 3K3 = 15K3, che sostituita nella formula ci darà una frequenza approssimativa di 654 Hz, che corrisponde, in pratica, alla nota MI (660Hz) nella 5^ ottava. Se facessimo il calcolo per ciascuna delle note musicali, vedremmo che con i valori delle resistenze proposti avremmo una possibilità di errore piccolissima, che, quindi, non considereremo. Un altro piccolo errore di cui non terremo conto concerne la resistenza, ininfluente, introdotta dal pulsante. Il motivo per il quale non è degna di considerazione è perché non si tratta di un calcolo di precisione, ma approssimativo, il cui

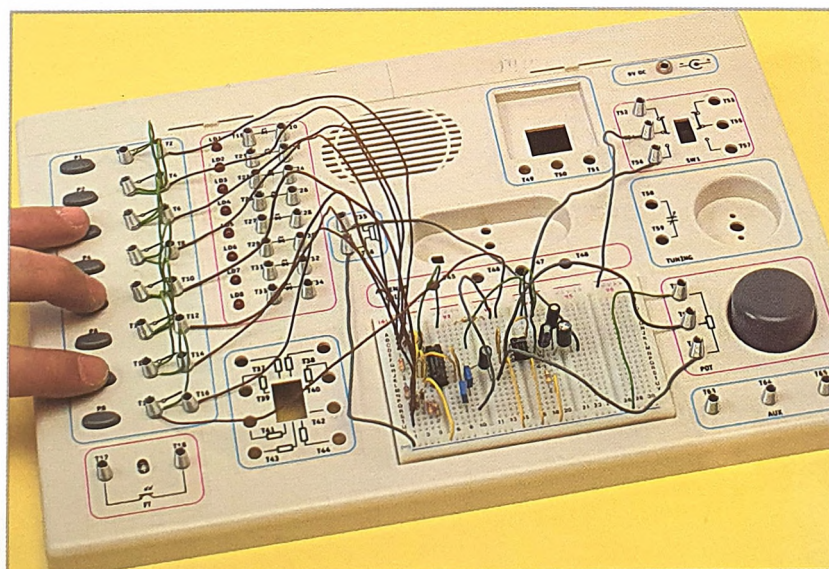
Organo elettronico

COMPONENTI	
R1	1 M
R2	12 K
R3	8K2
R4	5K6
R5	3K3
R6	1K8
R7, R10	1 K
R8	3K9
R9	2K2
R11	470
R12	47
C1, C7	100 nF
C2	1 µF
C3	100 µF
C4	47 µF
C5	22 nF
C6	10 µF
U1	4011
U2	LM386
POT	
ALTOPARLANTE	
SW1	
P1 a P8	

errore non può esser percepito dall'orecchio umano. In questo caso, inoltre, dovremmo considerare anche la tolleranza dei componenti.

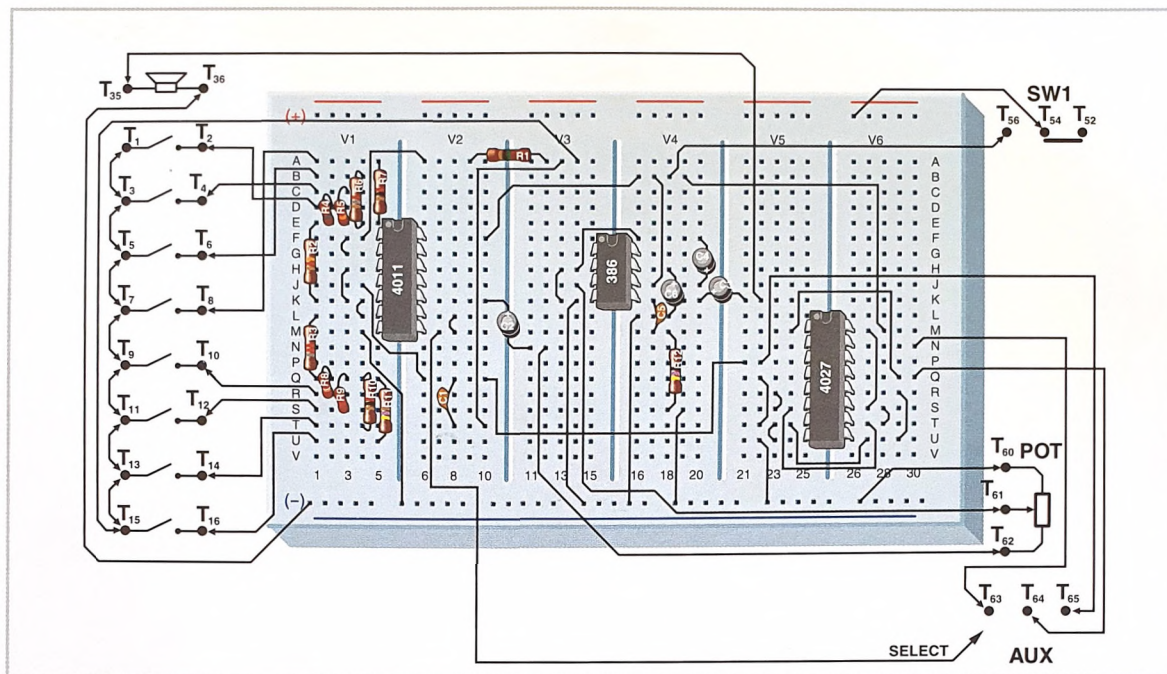
Il circuito

Il circuito è costituito da tre parti. Innanzitutto c'è l'oscillatore delle differenti frequenze, una per ogni nota musicale. Ogni nota si genera automaticamente quando si preme un pulsante. In secondo luogo abbiamo la porta U1C, il cui compito è importantissimo, perché se l'uscita dell'oscillatore, terminale 4 di U1B, si collegasse direttamente all'entrata dell'amplificatore, cambierebbe la frequenza dell'oscillatore astabile, perché caricheremmo quest'ultimo mediante il potenziometro POT e l'entrata dell'amplificatore.

Infine, l'uscita invertita dell'oscillatore si applica, attraverso il condensatore C2, al potenziometro POT, in modo da poter controllare il livello del segnale che entra nell'amplificatore attraverso T61.

Ogni tasto corrisponde a una nota musicale.

NOTE	FREQUENZE (Hz)
DO	528
RE	594
MI	660
FA	704
SOL	792
LA	880
SI	990
DO*	1.056

Organo elettrico a tre ottave

Questa apparecchiatura può generare tutte le note comprese in tre ottave consecutive.

Questo circuito è una modifica di quello precedente, "AUDIO 10". Riusciremo ad ottenere i suoni corrispondenti a tre ottave: avremo quelli di un'ottava per eccesso e quelli dell'altra per difetto. Per cambiare ottava, dobbiamo effettuare una commutazione perché abbiamo a disposizione solamente otto tasti.

Prima di passare alla descrizione del circuito, dobbiamo dare un chiarimento. Questo tipo di organo è monofonico, il che implica che per ottenere la nota corretta si può premere solamente un tasto. Gli organi professionali, invece, sono polifonici e danno la possibilità di premere simultaneamente diversi tasti. Tuttavia, il nostro piccolo organo può essere utilizzato per interpretare delle melodie, ma, oltre ad avere qualche nozione di elettronica, dovremo avere anche qualche nozione di musica.

Funzionamento

Il circuito base è lo stesso di "AUDIO 10". Ricordiamo che le frequenze dell'oscillazione dipendono dal valore del condensatore C1 da 22 nF. In questo caso, togliamo C1 e lo sostituiamo con un condensatore da 47 nF, a cui se ne può aggiungere un altro, in parallelo, da 2,2 nF, così da ottenere una frequenza maggiormente esatta. In questo modo, le frequenze ricercate saranno il doppio di quelle che avevamo prima.

Ottave

Quando si dice che una frequenza è un'ottava al di sopra di un'altra, vuol dire che ha una frequenza doppia. Essere sotto di un'ottava invece, vuol dire che abbiamo la metà della frequenza.

Costruire un divisore di frequenza per due utilizzando dei bistabili JK, è semplicissimo; così si ottiene una frequenza a metà, un'ottava sotto a quella applicata all'entrata. Se applichiamo all'entrata tutte le frequenze corrispondenti a un'ottava, otterremo alla sua uscita le frequenze corrispondenti a un'ottava più bassa. Se osserviamo lo schema, le frequenze generate dalla pressione, e che appariranno nel terminale 4 di U1B, vengono applicate all'entrata del clock, terminale 3 di U3A, e all'uscita, nel terminale T64, si ottengono le frequenze che sono metà di quelle applicate all'entrata. Se, a loro vol-

Dividendo per due la frequenza, si cambia ottava

Organo elettrico a tre ottave

COMPONENTI	
R1	1 M
R2	12 K
R3	8K2
R4	5K6
R5	3K3
R6	1K8
R7, R10	1 K
R8	3K9
R9	2K2
R11	470 Ω
R12	47 Ω
C1	22 nF
C2	1 µF
C3	100 µF
C4	47 µF
C5	22 nF
C6	10 µF
U1	4011
U2	LM386
U3	4027
POT	
ALTOPARLANTE	
SW1	
P1 a P8	

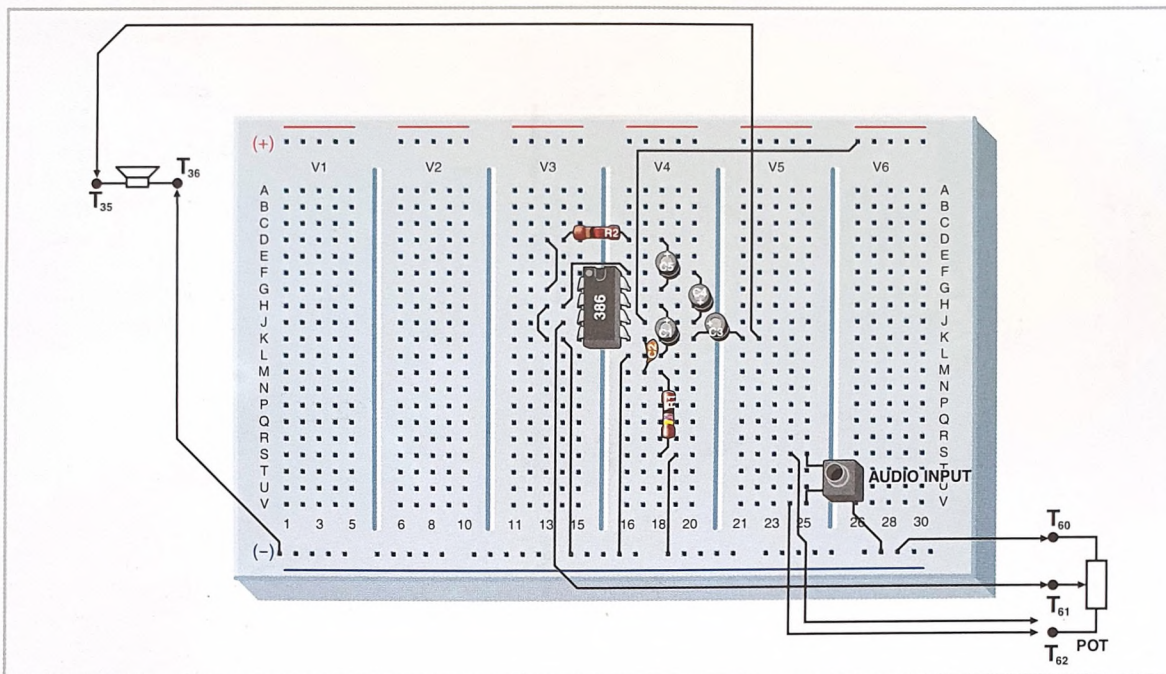
ta, queste frequenze vengono applicate al terminale del clock, dall'altro divisore si otterranno quelle dell'altra ottava – inferiori alla precedente – ottenendo una frequenza che è la quarta parte di quella ottenuta all'inizio e che sono disponibili nel terminale T63 per essere applicate all'amplificatore, dopo essere passate attraverso la porta U1C collegata come invertente.

Per cambiare ottava si utilizzano i divisori di frequenze.

Strumenti musicali

In questo caso sorge la medesima domanda: perché utilizzando le stesse note in tutti gli strumenti musicali suonano diverse e, inoltre, perché due strumenti con la stessa nota danno suoni differenti? Esistono delle frequenze che corrispondono ai toni puri – in questo caso la forma dell'onda è una sinusoide perfetta – e il livello teorico di distorsione è praticamente zero, ma se costruissimo uno strumento perfetto con i suddetti toni, in realtà il suono sarebbe sporco e spento. Sembra una contraddizione. Quando in uno strumento si genera il suono corrispondente a una nota, si produce un tono fondamentale, che è lo stesso in ogni strumento a corda, ad aria, elettronico eccetera. Si producono, inoltre, altre frequenze aggiuntive chiamate "toni armonici" che possiedono intensità minore, sono multiple rispetto alla frequenza fondamentale e variano da uno strumento all'altro caratterizzandone il suono.

Amplificatore audio ad alto guadagno

Guadagno massimo di 20, 50 o 200.

Questo circuito è lo stesso di "Audio 8", ma adesso, spieghiamo come aumentare il guadagno massimo dell'amplificatore. Abbiamo tre possibilità: guadagno di 20, di 50 o di 200. Ciò consente di ampliare la gamma di tensioni che è necessario applicare all'entrata per ottenere una determinata potenza all'uscita, evitando in moltissimi casi di dover utilizzare ulteriori stadi amplificatori.

Il circuito

Il circuito è lo stesso che abbiamo in "Audio 8", ad eccezione del fatto che ora utilizziamo i terminali dell'integrato 1 e 8 per aggiungere i componenti che permettono l'aumento di guadagno.

Aggiungendo un condensatore di 10µF, di modo che il positivo venga unito al terminale 1 e il negativo all'8, si ottiene un guadagno di 200. Ma, se non è necessario un guadagno così elevato ed è sufficiente un profitto di 50, basta aggiungere al condensatore una resistenza in serie con quest'ultimo da 1K o da 1K2.

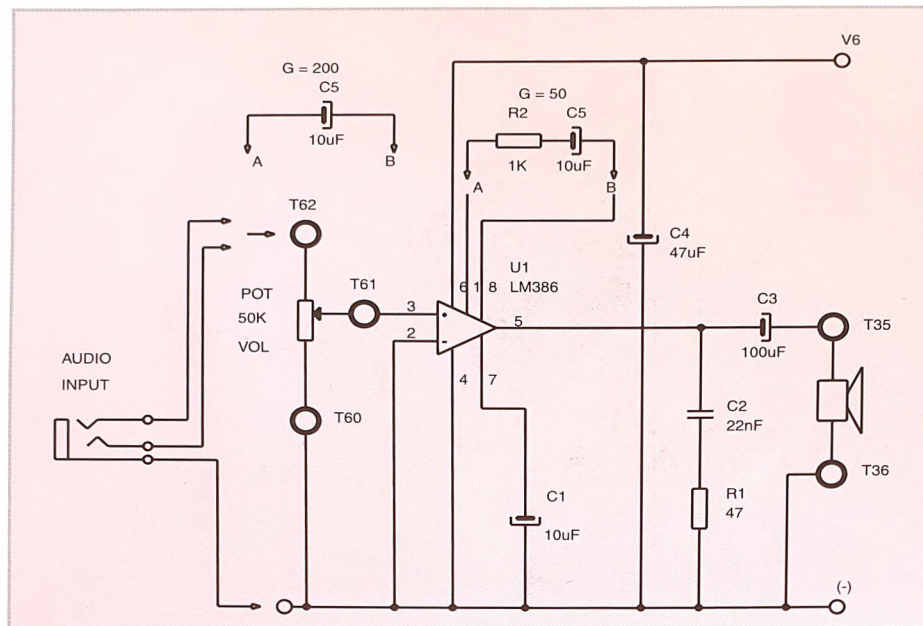
La potenza

A seconda dei dati del costruttore, questo circuito integrato può arrivare a fornire una potenza massima di 500 mW con un 10% di distorsione su un carico di 8 Ω, quando si alimenta con una tensione di 9 Volt; anche se questa distorsione è alta, la si può ridurre di molto se non cerchiamo di ottenere tanta potenza, con 400 mW la distorsione non è apprezzabile. Se si alimenta il circuito con 6 Volt la potenza massima sarà di 250 mW, ma raccomandiamo di non superare i 200 mW per limitare la distorsione. Può funzionare anche con tensioni da 4 a 12 Volt, per 4 Volt, la potenza sarà molto minore. Sicuramente, con 12 Volt, si deve limitare la potenza per problemi di dissipazione, dato che è raccomandabile anche aumentare l'impedenza dell'altoparlante a 16 Ω.

Ammette segnali d'entrata a basso livello

Livello d'entrata

Supponiamo di avere all'uscita un altoparlante da 8 Ω, con un'alimentazione da 9 Volt otterremo 400 mW. Se ricordiamo, la formula della potenza è $P = V^2/R$, dove in questo caso R è l'impedenza dell'altoparlante, P la potenza efficace e V la tensione a cui l'amplificatore eroga all'altoparlante. Utilizzando la formula si ottiene: $P \times R = V^2$, e sostituendo le lettere della formula con i valori del circuito

Amplificatore audio ad alto guadagno

COMPONENTI	
R1	47 Ω
R2	1 K
C1, C5	10 µF
C2	22 nF
C3	100 µF
C4	47 µF
U1	LM386
POT	
ALTOPARLANTE	
JACK FEMMINA	

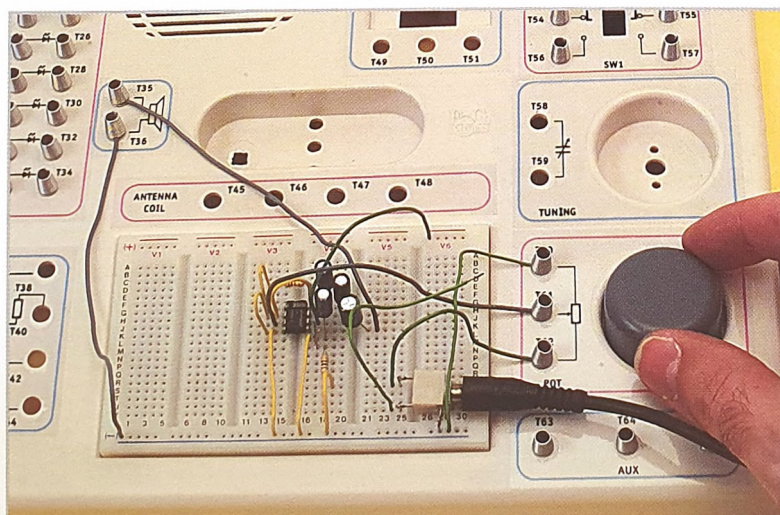
avremo: 0,400 x 8 = 3,2 e calcolando la radice quadrata di 3,2 si ottiene 1,78 Volt efficaci che l'amplificatore fornisce all'altoparlante.

Se il guadagno di tensione dell'amplificatore è di 20, il segnale che è necessario applicare all'entrata sarà 20 volte minore, cioè 89 mV, mentre per un guadagno di 50, avremo bisogno solamente di 35,6 mV e per 200 basterà applicare soltanto 8,9 mV all'entrata. Normalmente, vengono applicati valori di quasi il doppio, perché in audio si lavora con segnali il cui livello varia continuamente e inoltre potremo sempre ridurre il livello del segnale d'entrata grazie al comando del volume. Se il livello del segnale d'entrata è molto elevato, non raggiungeremo maggior potenza, perché quando l'amplificatore arriva al massimo inizia a distorcere il segnale e quando passa il 10% l'orecchio può sentirlo chiaramente.

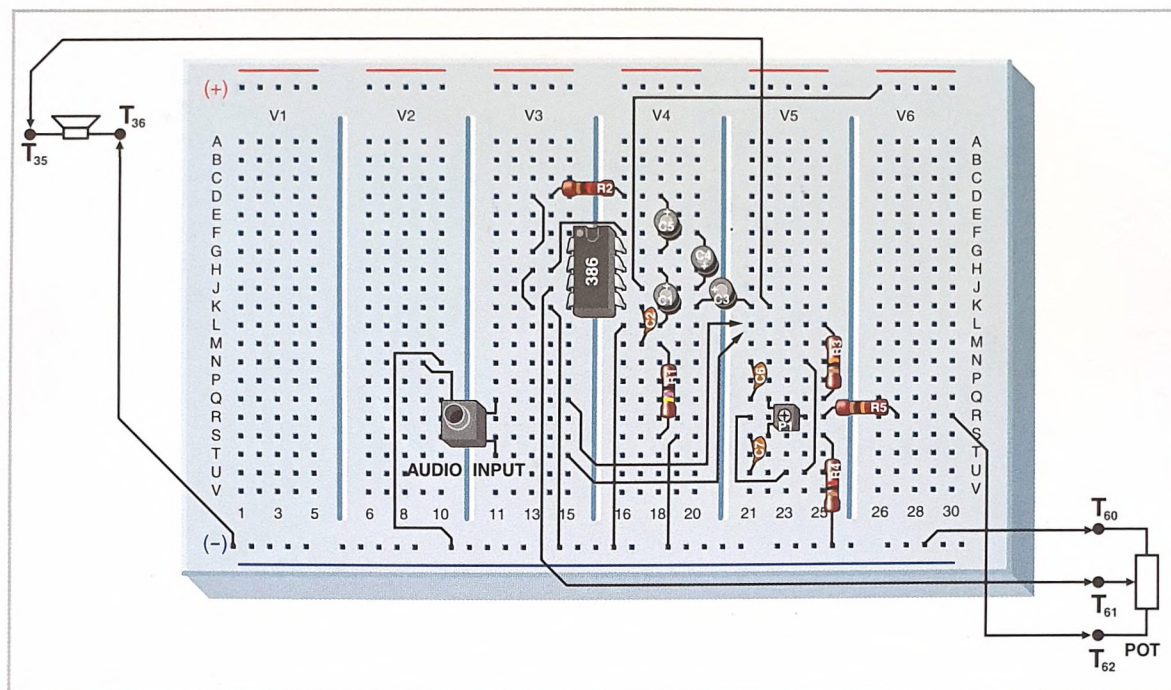
Esperimenti

Raccomandiamo di ripetere gli esperimenti già realizzati in "Audio 8" e di verificare ogni fonte del suono a differenti profitti. Possiamo sempre utilizzare un altoparlante esterno, ma che sia da 8 Ω, oppure due in serie da 4 Ω.

L'inserimento del jack stereo femmina facilita la connessione alle diverse fonti di suono, come walkman, CD, eccetera.

Aumentando la capacità del condensatore d'uscita C3, collegandolo, per esempio, in parallelo con un altro da 47 µF, possiamo migliorare la risposta alle frequenze minori. Possiamo anche ottenere guadagni intermedi variando il valore di R2; possiamo provare con 470 Ω e con 1K8.

Amplificatore audio di potenza con controllo del volume.

Amplificatore con controllo dei bassi

L'amplificatore controlla i bassi e il volume.

In questo esperimento aggiungiamo un circuito di controllo dei toni bassi con componenti passivi all'entrata dell'amplificatore audio. Viene data anche la possibilità di modificare il guadagno dell'amplificatore aggiungendo alcuni componenti tra i terminali 1 e 8 del circuito integrato LM386.

Il circuito

Il circuito ha due parti ben distinte. All'entrata c'è il circuito correttore dei toni, realizzato con dei componenti passivi: le resistenze R3 e R4, i condensatori C6 e C7 e il potenziometro P1.

Se il cursore del potenziometro ha un valore intorno ai 10K, il segnale d'entrata non subisce alcuna variazione. Se, invece, scendiamo al di sotto di questo valore, ridurremo la frequenza di interdizione del filtro e diminuiremo fino a frequenze ogni volta minori. Se aumentiamo il valore del potenziometro, incrementeremo la frequenza di interdizione e noteremo meno l'attenuazione delle basse frequenze.

Attraverso il potenziometro POT, per variare il livello del segnale e avere il controllo del volume, si applica il segnale di uscita del controllo dei bassi. L'amplificatore ha un profitto di 20 quando i terminali 1 e 8 del circuito integrato vengono lasciati senza connessione. Se colleghiamo un condensatore tra questi due terminali da 10 µF con la polarità indicata, otterremo un guadagno di 200. Se vogliamo un guadagno di 50 possiamo collegare la rete formata dalla resistenza R2 e dal condensatore C5 uniti in serie, rispettivamente con i valori 1K e 10 µF.

Il controllo dei toni è passivo

Funzionamento

Il controllo dei toni è formato da una rete RC. Questa disposizione è classicissima, e questo controllo per poter essere utilizzato deve essere posto tra il segnale d'entrata (che può essere generata, per esempio, da un lettore per CD, per musicassette, da un sintonizzatore radio eccetera) e lo stadio amplificatore di potenza.

La rete del controllo dei bassi attenua, o alza, le frequenze più basse della banda audio, e non modifica i segnali la cui frequenza è superiore alla frequenza di attenuazione che è stata impostata come frequenza di taglio, ad esempio 1KHz agendo sul potenziometro P1, in questo caso le frequenze superiori a 1KHz non

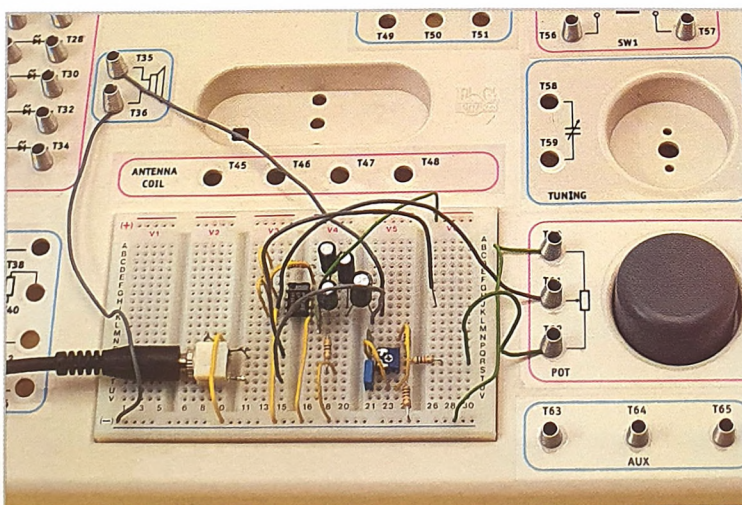
Amplificatore con controllo dei gravi

COMPONENTI	
R1	47 Ω
R2, R4	1 K
R3, R5	10 K
P1	100 K
C1, C5	10 µF
C2, C6	22 nF
C3	100 µF
C4	47 µF
C7	220 nF
U1	LM386
JACK FEMMINA	
POT	
ALTOPARLANTE	

vengono attenuate. Quando il cursore del potenziometro è situato in modo che rimangano 10K dal lato di R4 e 90K verso R3, non si modifica il segnale applicato all'entrata. Ruotando il cursore verso R3, l'attenuazione che questo circuito esercita sui toni più bassi della banda audio diminuisce, mentre ruotandolo verso R4 aumenta.

Connessione d'entrata

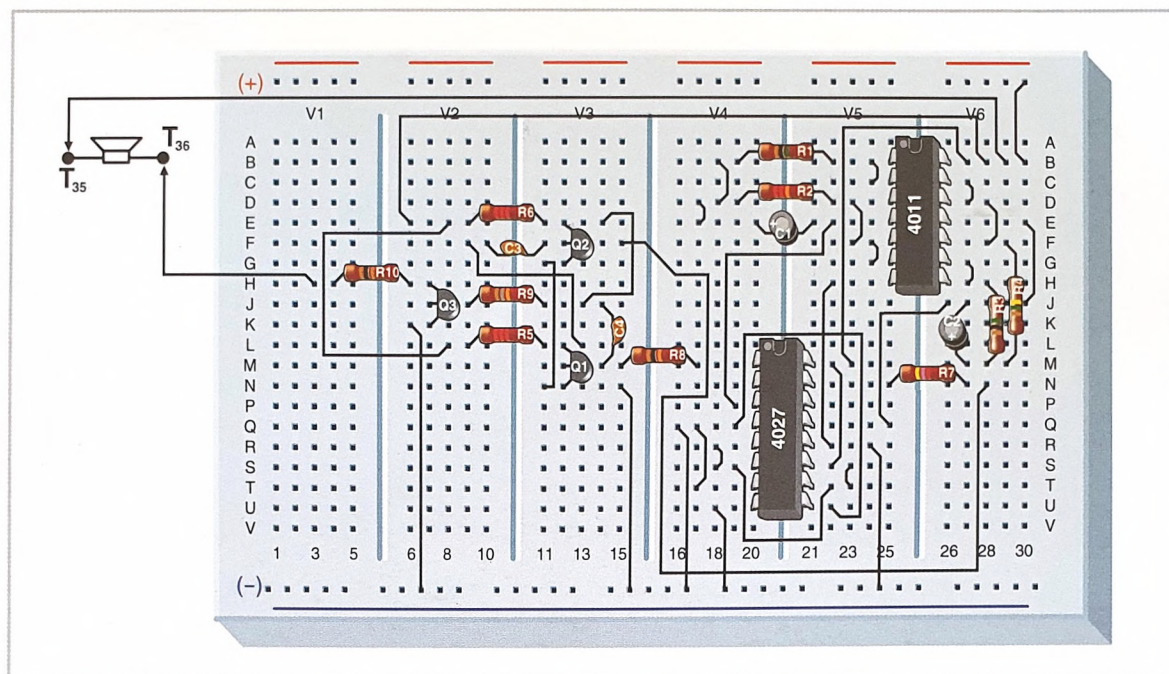
Questo circuito prenderà il segnale d'entrata, proveniente da un'apparecchiatura audio, ad esempio una comune radio, a cui si può realizzare la connessione in maniera comoda e sicura utilizzando il connettore stereo tipo jack femmina e i corrispondenti cavi di connessione.

Dei due segnali d'entrata del connettore stereo, canale destro e sinistro, ne useremo solamente uno, perché il nostro amplificatore ammette solamente un segnale (è monofonico, di conseguenza il segnale non può essere stereo), per cui collegheremo soltanto il comune al negativo dell'alimentazione e uno dei due canali all'entrata del controllo dei toni, resistenza R3.

Il potenziometro P1 controlla la risposta dell'amplificatore per basse frequenze.

Esperimenti

Se proviamo l'amplificatore senza collegare questo stadio, vedremo che avendo un determinato guadagno con questo stadio passivo, viene introdotta un'attenuazione in tutta la banda che può obbligarci ad aumentare il guadagno dell'amplificatore. Questo aumento del guadagno può essere realizzato, proprio come abbiamo indicato, una volta che abbiamo collegato il segnale d'entrata di uno dei due canali, collocando tra i terminali 1 e 8 i componenti prima indicati per aumentare il guadagno a 50 o a 200, secondo necessità.

Suono della slot-machine

Simula il suono di alcune slot-machine.

Il circuito produce tre frequenze diverse, generate dagli oscillatori con porte NAND che segnano il ritmo della melodia elettronica. Gli oscillatori digitali controllano un terzo oscillatore analogico, realizzato con transistor, che funzionerà quando ci siano determinate condizioni.

Il circuito

Il circuito è stato progettato per ottenere un suono elettronico metallico simile a quello delle famose slot-machine.

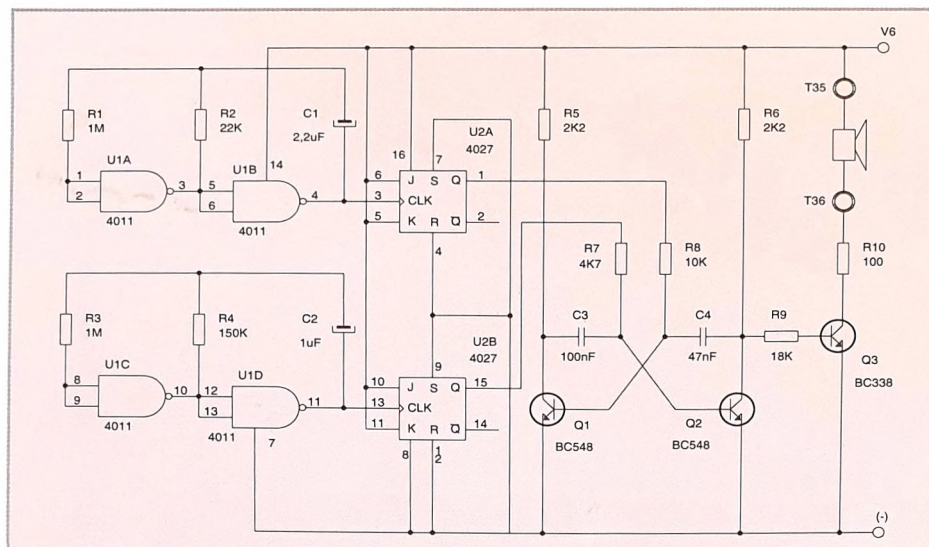
Per alternare i suoni si utilizzano due oscillatori realizzati con porte NAND e di diversa frequenza. Quello formato da U1A e da U1B ha un segnale di uscita di circa 10 Hz, mentre quello integrato con U1C e U1D di circa 3 Hz. Le uscite dei due oscillatori non possono essere direttamente accoppiate all'oscillatore con i transistor che abbiamo montato. Per questo, utilizziamo come circuito adattatore i flip-flop J e K. Sono configurati come flip-flop T, per cui divideranno a metà la frequenza dei due oscillatori. I due segnali di uscita dei flip-flop, terminali 1 e 15, saranno quelli che spezzeranno la reale frequenza dell'oscillatore montato con i transistor, perché solamente quest'ultimo funzionerà quando le due uscite Q saranno a livello alto. Questa operazione non verrà compiuta sempre nel medesimo modo, perché i segnali hanno una frequenza di 5 e 1,5 Hz e non sempre coincidono lo stesso numero di volte con lo stato alto dei due segnali. È questa particolarità che dà il ritmo sincopato di cui parlavamo prima.

Funzionamento

Il circuito deve funzionare una volta collegata l'alimentazione. Gli oscillatori lavorano ininterrottamente e anche i flip-flop configurati in modalità T.

I transistor Q1 e Q2 formano un oscillatore che è quello che emette il suono e che funzionerà solamente quando coincidano a livello alto le uscite dei due flip-flop. Per riuscire ad avere un effetto sonoro così strano, la frequenza di un oscillatore non deve essere il multiplo intero della frequenza dell'altro oscillatore. L'uscita dell'oscillatore viene applicata ad un transistor di elevato guadagno perché sia amplificata. In questo modo, riusciamo ad ottenere un suono così elettronico.

Due oscillatori daranno il ritmo del suono

Suono della slot-machine

COMPONENTI	
R1, R3	1 M
R2	22 K
R4	150 K
R5, R6	2K2
R7	4K7
R8	10 K
R9	18 K
R10	100 Ω
C1	2,2 µF
C2	1 µF
C3	100 nF
C4	47 nF
Q1, Q2	BC548
Q3	BC338
U1	4011
U2	4027
ALTOPARLANTE	

Avviamento

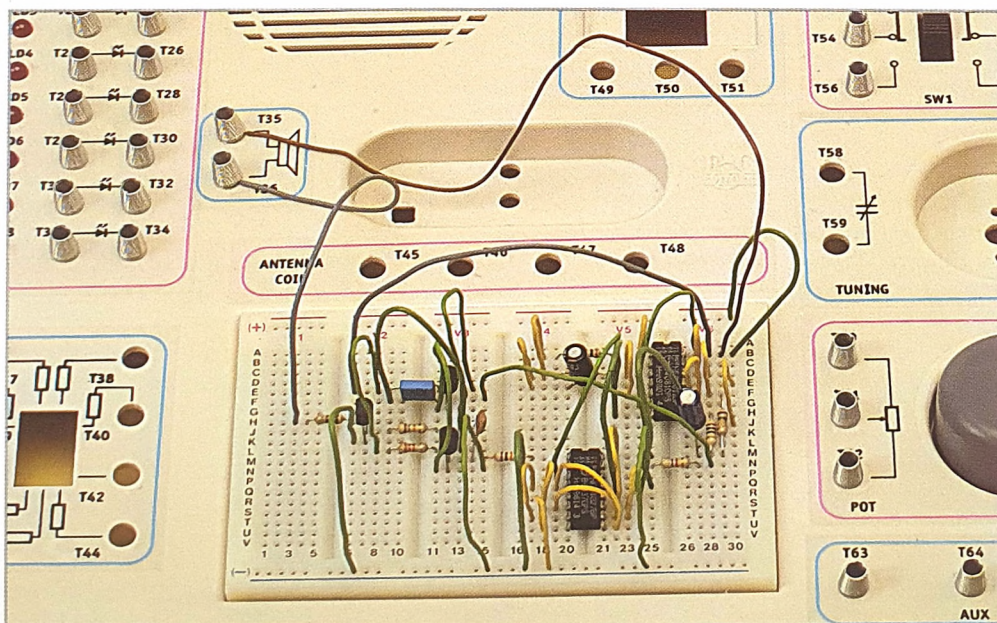
Se il circuito non funziona quando si collega l'alimentazione V6, dovremo, innanzitutto, scollegare l'alimentazione stessa. In seguito, verificheremo l'alimentazione degli integrati del circuito e la polarità sia dei condensatori elettrolitici che di tutti i transistor. Si sconsiglia di collegare l'alimentazione prima di aver verificato tutte le connessioni del circuito.

Esperimenti

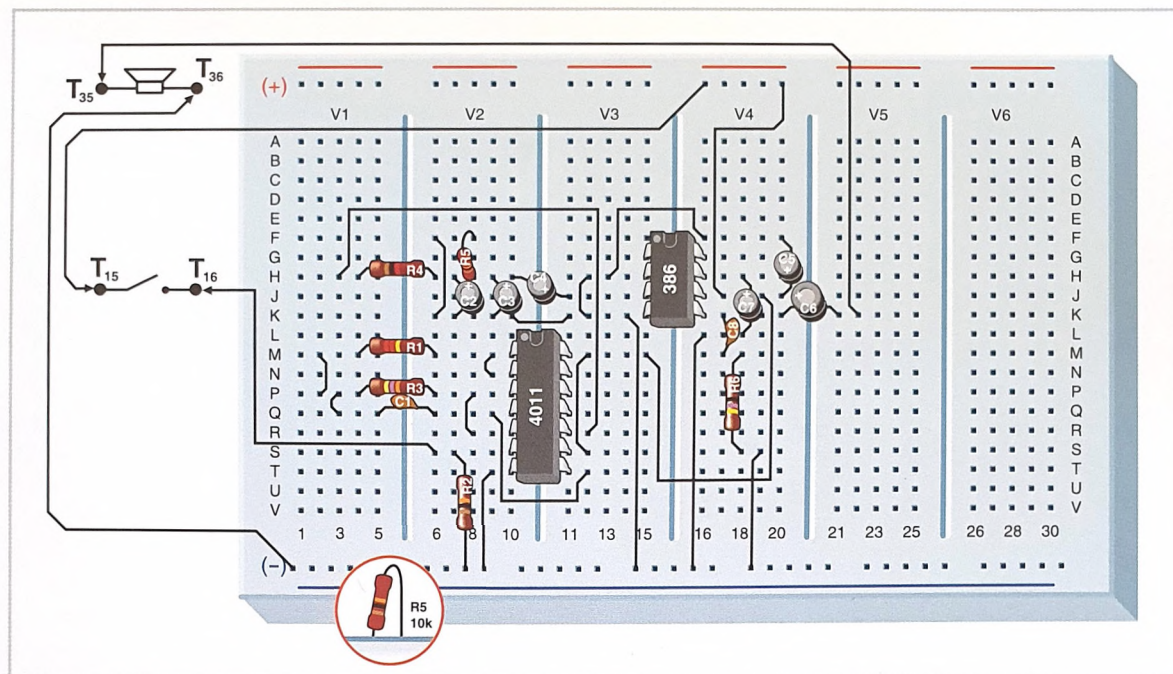
In questo montaggio possiamo cambiare completamente il suono emesso dall'altoparlante. Se vogliamo modificarne il tono, cambieremo R7, C3, R8 e C4. Se, invece, vogliamo modificarne il ritmo, cambieremo il valore di R2, C1 e/o R4 e C2.

Sarebbe interessante sperimentare cambiando tutti i valori per vedere l'effetto prodotto sulla composizione finale.

Si possono anche aggiungere in serie a R2 un potenziometro di regolazione da 5K e in serie a R4 un potenziometro di regolazione da 100K.

In questo modo, riusciamo ad ottenere una notevole varietà di suoni.

All'altoparlante sentiremo un suono elettronico sincopato.

Sirena di un battello a vapore

Azionando un pulsante otterremo il suono della sirena di un battello a vapore.

Con le conoscenze di elettronica di cui disponiamo adesso, potremmo fare circuiti che generano suoni di ogni tipo, inclusi alcuni che potrebbero risultare simili ai suoni che udiamo nella vita di tutti i giorni. D'altra parte, oggigiorno quasi tutti i suoni possono essere elettronicamente riprodotti. Il circuito di questo esperimento riproduce il suono della sirena di un battello a vapore.

Funzionamento

Il circuito ha un clock, che in stato di riposo non funziona, dato che una delle entrate della porta U1B, terminale 6, è a livello basso, perché è stato collegato al positivo attraverso una resistenza. L'oscillatore, quindi, non si avvia finché non viene azionato il pulsante P8. L'uscita dell'oscillatore è isolata da una porta per evitare di consumare la corrente nel circuito oscillatore. L'uscita invertita viene filtrata con un filtro passa basso e attraverso il condensatore C4 (22 nF) si elimina il valore di continua che potrebbe avere il segnale.

Il segnale risultante giunge all'amplificatore, configurato per avere un guadagno di 20, valore questo che si raggiunge senza collegare ai terminali 1 e 8 del circuito integrato nessun componente.

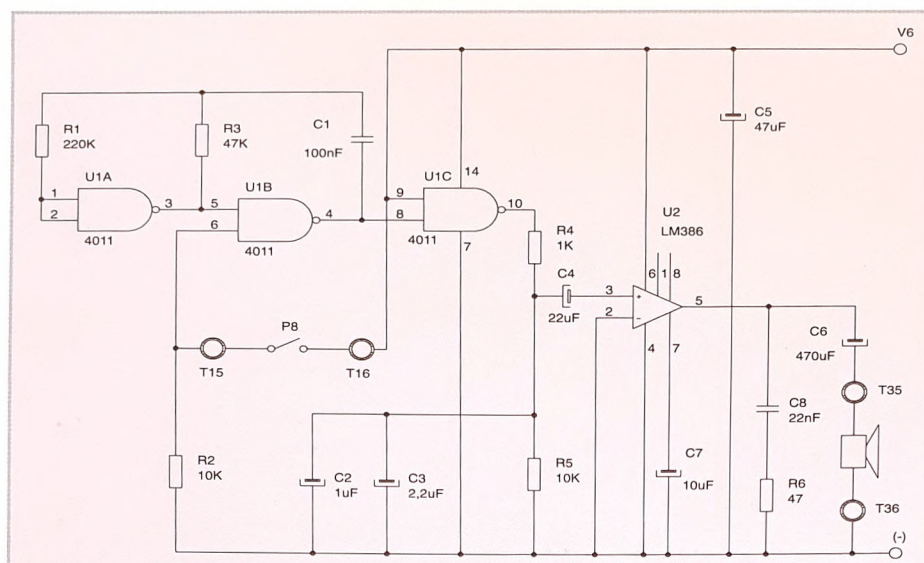
Nel segnale di uscita, una volta amplificato, viene eliminata la componente continua mediante un condensatore di 470µF e viene connesso direttamente all'altoparlante che, ogni volta che viene azionato il pulsante, riprodurrà un suono che assomiglia alla sirena di un battello.

Con il filtro passa basso all'entrata dell'amplificatore (R4, C2, C3, R5) si ottiene un effetto curioso quando si aziona il pulsante: oltre al filtro, la rete agisce come ritardo, dato che il suono iniziale del fischio è un po' diverso da quando è in piena potenza, rendendolo esattamente uguale a quello di una sirena.

Il circuito

Il circuito ha due importanti chiavi con le quali possiamo avere l'effetto desiderato. Da un lato abbiamo la frequenza del tono voluto, mentre dall'altro abbiamo l'avviamento iniziale della sirena. Il primo lo si ottiene con un tipico montaggio dell'oscillatore astabile con delle porte. La sua frequenza è di circa 100 Hz, come possiamo calcolare teoricamente grazie ai componenti utilizzati. Da parte sua, la rete passa basso ha un effetto di ritardo

Suono per modellini di battelli a vapore

Sirena di un battello a vapore

COMPONENTI	
R1	220 K
R2, R5	10 K
R3	47 K
R4	1K
R6	47 Ω
C1	100 nF
C2	1 μF
C3	2,2 μF
C4	22 μF
C5	47 μF
C6	470 μF
C7	10 μF
C8	22 nF
U1	4011
U2	LM386
ALTOPARLANTE	
P8	

all'inizio, perché i condensatori hanno una capacità totale di 3,2 μF, che è accettabile quando parliamo di ritardo, se, come in questo caso, esiste una resistenza in serie da 1K o meno. L'oscillatore ha il terminale 6 collegato al negativo attraverso la resistenza R2, per cui l'uscita avrà un livello alto fisso fino a quando il terminale 6 non verrà collegato al positivo. Quando si preme il pulsante, momento in cui il circuito inizia a suonare, si effettua questa operazione.

Azionando il pulsante, il circuito si avvia.

Esperimento 1

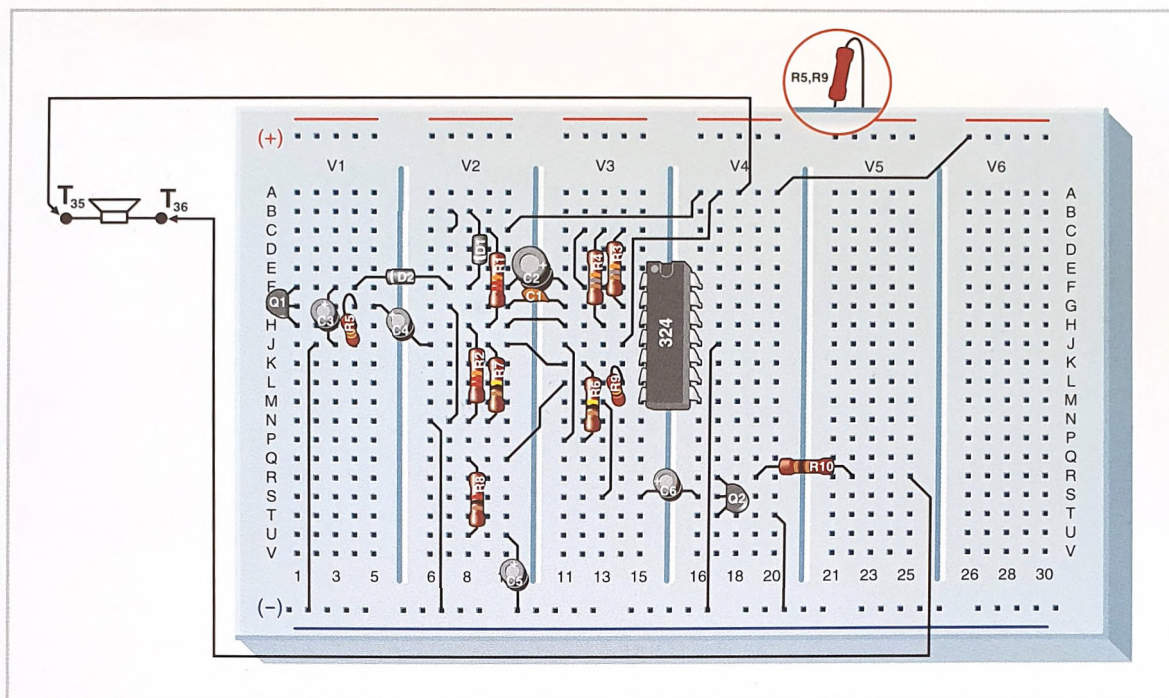
Il circuito possiede un caratteristico suono che, se vogliamo sembri la sirena di un battello a vapore, deve rimanere stabile; possiamo, tuttavia, effettuare alcuni ritocchi, per accentuare un poco i toni. A tale fine cambieremo la capacità dei condensatori C2 e C3, che formano il filtro passa basso.

Possiamo aumentare la capacità, oppure diminuirla, senza rischio per nessun componente e verificare l'effetto ottenuto. Possiamo anche cambiare il condensatore C4 e osservare l'effetto così raggiunto.

Esperimento 2

Il secondo degli esperimenti che possiamo realizzare è cambiare la resistenza R3 con un'altra da 1K, posta in serie a un potenziometro da 100K. Possiamo anche sostituire il condensatore C1 con un altro da 10 nF e collegare in parallelo i condensatori da 10 nF, 22 nF, 47 nF eccetera.

Generatore di rumore bianco

Il circuito ci consente di generare rumore a partire da un transistor.

Molte volte, quando ascoltiamo la radio sulla banda di frequenze FM e non riusciamo a sintonizzare la frequenza portante, possiamo percepire un rumore simile al suono che fa l'acqua che scende dalla doccia. Questo suono occupa tutta la banda audio e contiene frequenze alte e basse, un rumore ideale che abbraccia tutte le frequenze con la medesima intensità e che viene definito "rumore bianco".

Funzionamento

Il funzionamento del circuito passa attraverso la verifica di come possiamo riuscire a ottenere, al suo interno, il suddetto rumore. Il circuito ha un oscillatore formato con una U1A, la cui uscita viene utilizzata per polarizzare l'unione PN del circuito Q1, in inverso, che è la fonte del rumore, il quale verrà amplificato nel secondo amplificatore operazionale.

Il circuito

I diodi vengono utilizzati come fonti di rumore quando vengono collegati in una determinata maniera. Questo rumore è classificato come "bianco" perché all'interno della banda audio contiene, praticamente, tutte le frequenze.

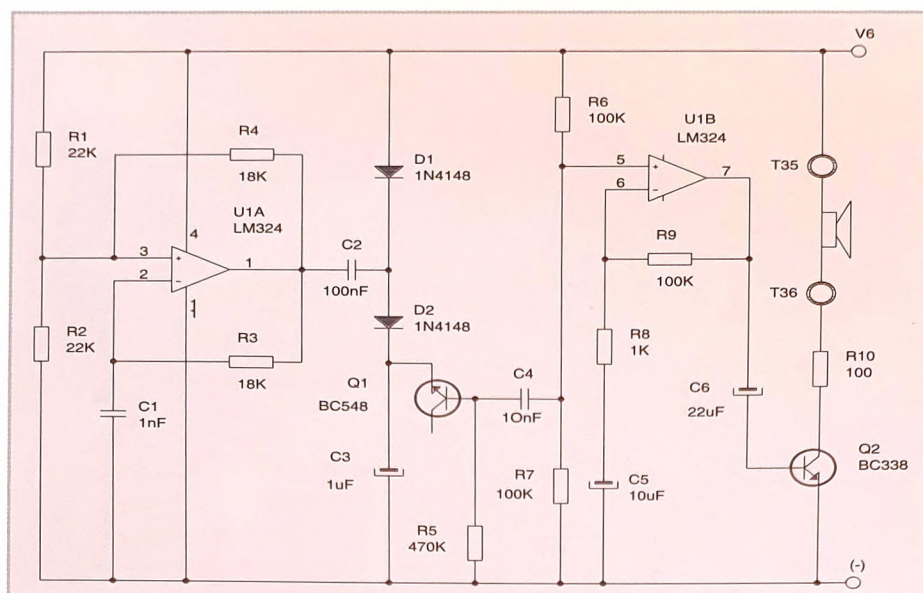
Per realizzare l'oscillatore a partire dagli operazionali montati come astabili, è necessario , innanzitutto, alimentarli, di modo che possano oscillare a una tensione intermedia. A tale fine, alimentando il terminale positivo di entrambi con una tensione di 4,5 Volt, è stata creata una tensione di fluttuazione.

Il circuito formato dal condensatore C2, D1 e D2 è un duplicatore di tensione, che viene utilizzato per ottenere una tensione di 9 Volt nell'emettitore di Q1, di modo che l'unione base emettitore risulti polarizzata inversamente rispetto alla suddetta tensione. Le unioni PN polarizzate inversamente, vengono impiegate per generare rumore, che si accoppia all'amplificatore di uscita attraverso il condensatore C4 da 10 nF e che potrà essere udito all'altoparlante.

Un suono per fare degli scherzi

Avviamento

Quando dobbiamo montare il circuito, dovremo fare particolare attenzione ai componenti che hanno polarità, ai condensatori elettrolitici, ai diodi, al transistor e all'alimentazione dell'integrato, il cui terminale positivo è il 4, mentre il negativo è l'11.

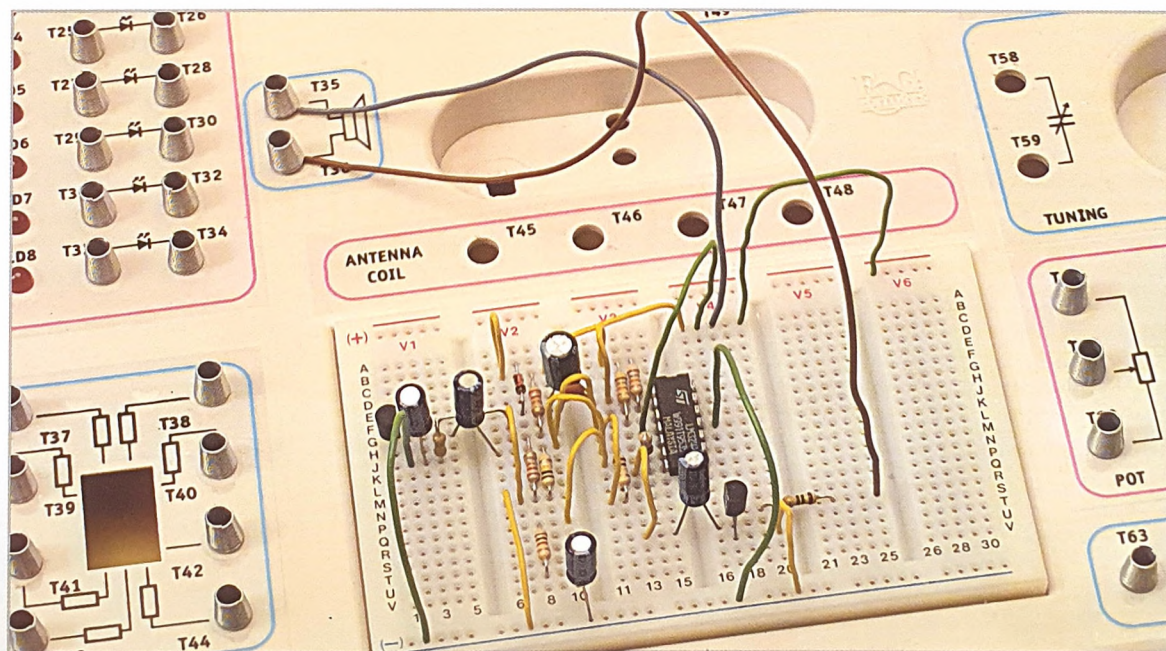
Generatore di rumore bianco

COMPONENTI	
R1, R2	22 K
R3, R4	18 K
R5	470 K
R6, R7, R9	100 K
R8	1K
R10	100 Ω
C1	1 nF
C2	100 nF
C3	1 µF
C4	10 nF
C5	10 µF
C6	22 µF
D1, D2	1N4148
Q1	BC548
Q2	BC338
U1	LM324
ALTOPARLANTE	

Esperimento 1

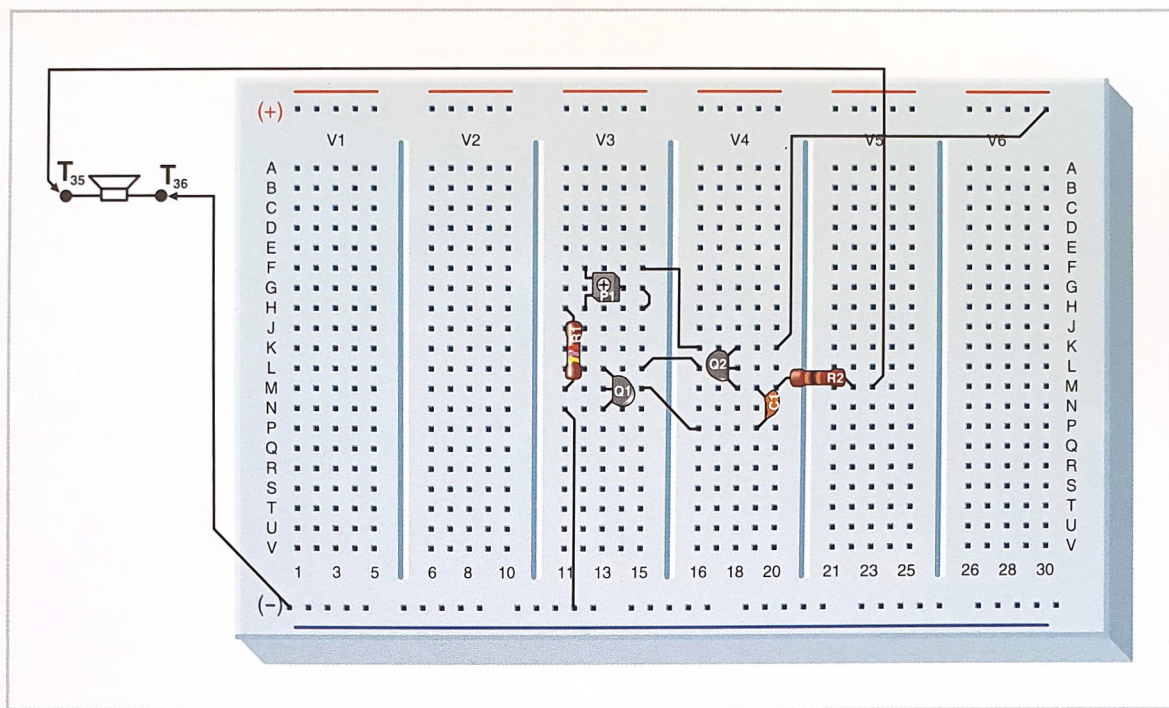
Il circuito oscillatore costruito intorno a U1 ha una frequenza ritmata dal valore del condensatore C1; si può, pertanto, mutare la suddetta frequenza cambiando leggermente il valore della capacità del condensatore.

Se inseriamo una capacità molto grande, verificheremo che l'effetto ottenuto non è precisamente quello voluto.

Esperimento 2

Il rumore che questo circuito genera è utilissimo per fare degli scherzi, perché assomiglia al rumore della pioggia, oppure per simulare un'avaria.

Possiamo variare la frequenza del rumore modificando leggermente la capacità di C1.

Oscillatore con transistor

Semplicissimo oscillatore con due transistor.

Questo tipo di circuito non ha un utilizzo pratico nei circuiti professionali, a causa della sua semplicità e della difficoltà di controllarne l'oscillazione, ma tuttavia è utilissimo per sperimentare e realizzare sostituzioni di componenti per vedere come influiscano sul suo funzionamento. La banda delle frequenze audio viene utilizzata al fine di realizzare esperimenti senza necessità della strumentazione.

Il circuito

Il circuito utilizza due transistor, il primo usa la classica configurazione dell'emettitore comune; la resistenza di polarizzazione della base è formata dalla somma di P1 e R1. Questo transistor, quando conduce, polarizza il transistor Q2, che, a sua volta, conduce quando la tensione nella sua base, collegata a Q1, scende al di sotto degli 0,6 Volt dell'alimentazione. Quando Q2 conduce, il segnale attraverso la resistenza R2 va all'altoparlante.

Concentrandoci sul circuito, vediamo che c'è un condensatore, C1, di controreazione, che riporta il segnale del collettore di Q2 alla base di Q1. Il segnale che passa attraverso questo condensatore è quella che controlla e fa oscillare il circuito.

Si studia la controreazione uscita/ingresso

Funzionamento

Questo tipo di oscillatore può avere dei problemi per iniziare a oscillare; normalmente lo fa per una generazione spontanea di rumore ed è sensibilissimo ai valori dei componenti e nel nostro caso, in cui utilizziamo cavi di connessione per la piastra dei prototipi, è anche sensibile alla loro lunghezza e al loro inserimento.

La frequenza di oscillazione dipende anch'essa dal guadagno dei transistor e, dato che non sono mai uguali, è difficilissimo riprodurre il circuito, costruire cioè due circuiti nei quali si possa raggiungere esattamente e con precisione la medesima frequenza, quindi, viene utilizzato quando non si ha bisogno di una frequenza precisa, come nei campanelli e negli allarmi acustici.

Esperimento 1

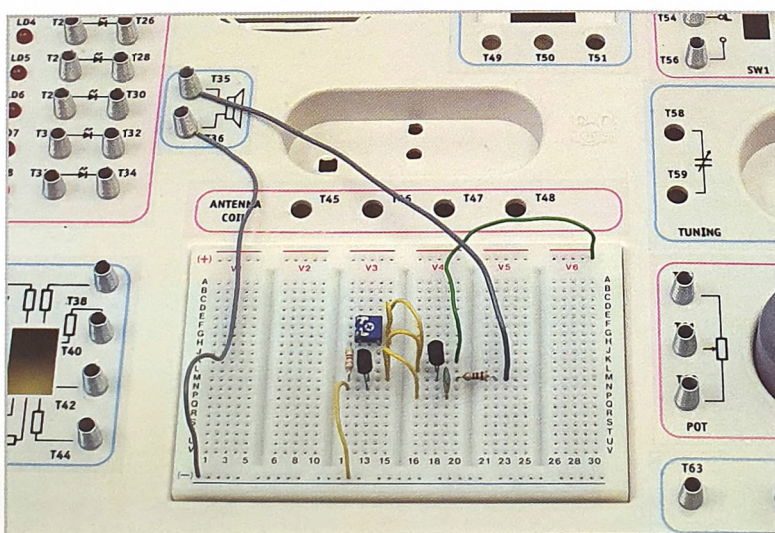
L'esperimento consiste nel peggiorare le condizioni di funzionamento del circuito per studiare le condizioni di avviamento dell'oscillatore. Si toglierà l'alimenta-

Oscillatore con transistor

COMPONENTI	
R1	4K7
R2	100 Ω
P1	100 K
C1	22 nF
Q1	BC338
Q2	BC558
ALTOPARLANTE	

zione del circuito e si sostituirà il transistor Q1 del tipo BC338 con un altro, anch'esso NPN, del tipo BC548, che è quello che ha minor guadagno. Ricollegando l'alimentazione, può succedere che l'oscillatore non funzioni; lo si capisce perché l'altoparlante non emette alcun suono. L'oscillatore avrà un funzionamento molto instabile e quasi capriccioso; può essere fatto partire avvicinandogli un dito e può essere fermato nella medesima maniera.

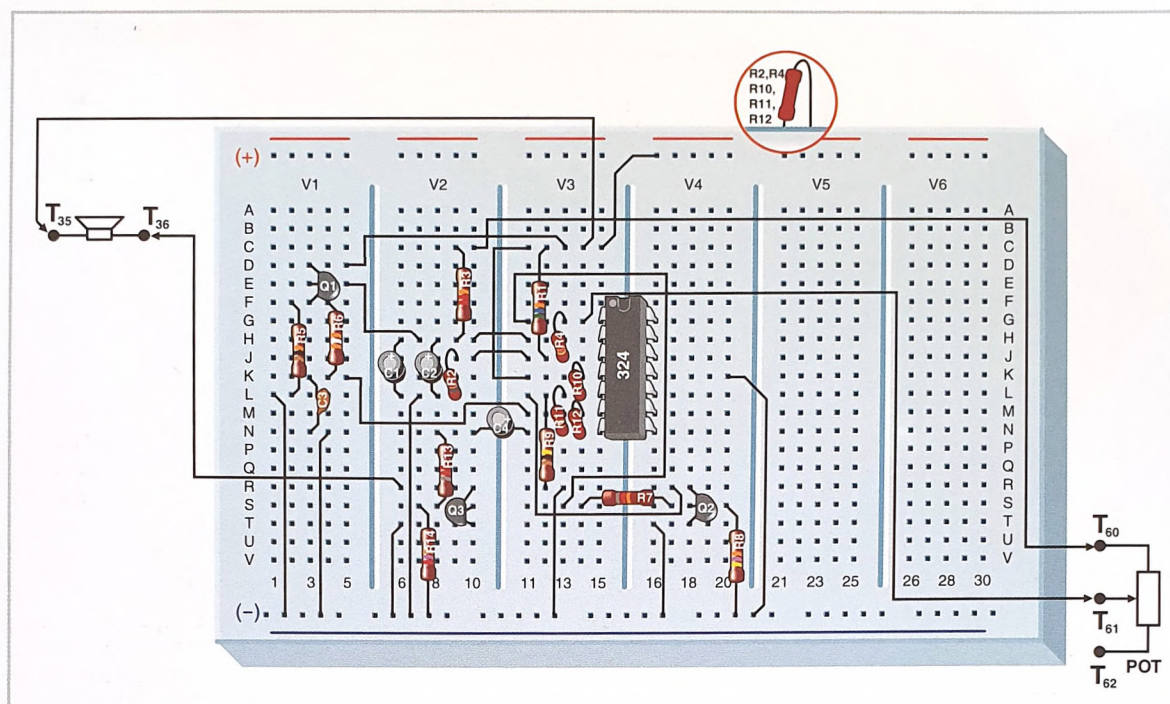
Possiamo sperimentarlo con un pezzo di cavo di connessione; si proverà a collegare un estremo, stringendo l'altro con la mano, a diversi punti del circuito: in alcuni casi il circuito oscillerà e in altri non lo farà. Il funzionamento dell'oscillatore, inoltre, verrà influenzato quando muoviamo qualche cavo di connessione, o semplicemente quando si distribuiscono i componenti sulla piastra dei prototipi, tenendo conto che gli esperimenti si devono realizzare seguendo lo schema, perché il piano delle connessioni suggerite, rappresenta un comodo aiuto per collocare i componenti e le connessioni.

Con questi esperimenti si vuole dimostrare come un circuito può rappresentare comportamenti strani se non viene protetto contro interferenze esterne e la differenza dei componenti.

Microoscillatore audio.

Frequenza

La frequenza di oscillazione può essere cambiata agendo sul potenziometro P1 anche se si può sostituire l'insieme di R1 + P1 con una resistenza che sia la somma di entrambi e con la quale si riduce sempre più il numero dei componenti. Così possiamo costruire un allarme acustico con solamente due transistor, un condensatore, due resistenze e un altoparlante. I componenti sono così pochi che non è necessario nemmeno un circuito stampato se si vuole realizzare un'installazione definitiva saldandone i componenti.

Simulatore del canto degli uccelli

Genera un suono simile a quello del canto di un uccello.

Il circuito è in grado di generare un suono simile a quello emesso da un uccello quando canta. Partiamo dal segnale di un oscillatore che ne controlla un altro mediante due transistor. Il segnale di uscita lo ascolteremo all'altoparlante.

Il circuito

Il suono si ottiene a partire da un oscillatore realizzato con l'amplificatore operazionale U1A.

L'oscillatore non ha un'uscita a frequenza fissa; disponiamo del potenziometro POT per variarne la frequenza e regolare il suono dell'altoparlante a nostro piacimento. Si utilizza l'onda quadra all'uscita dell'oscillatore per connettersi al transistor Q2 e la carica dei condensatori C1 e C2 per collegarsi al transistor Q1. In questo modo si ottiene nel secondo oscillatore un segnale che si interrompe a causa dell'effetto del transistor Q2 che agisce come un interruttore e al cambio di frequenza che provoca Q1 quando aumenta la corrente di carica di C3, per cui il risultato dell'uscita è un suono molto squillante.

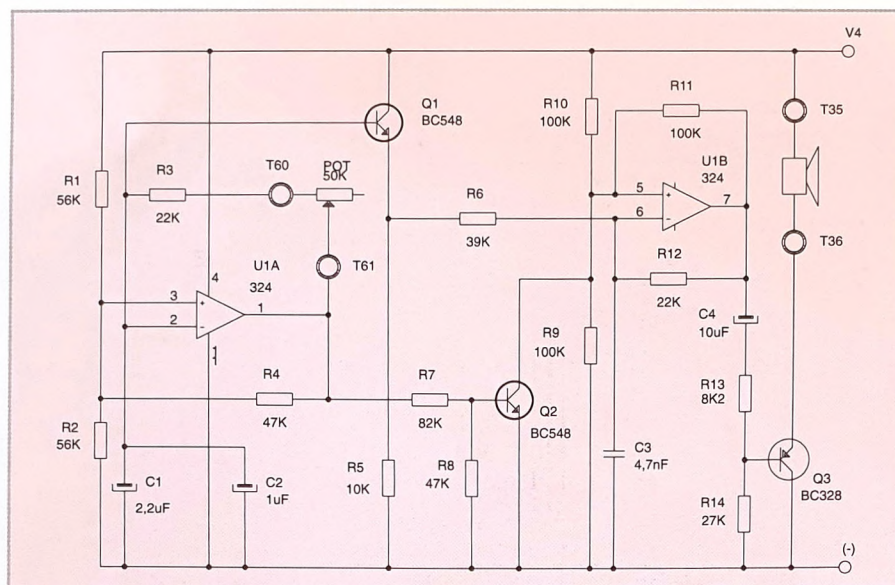
Un oscillatore particolarissimo

Funzionamento

Il circuito si deve avviare immediatamente quando riceve l'alimentazione, anche se dobbiamo regolare il valore del potenziometro POT a circa metà del percorso del suo cursore. Per avere un suono più o meno gradevole, dobbiamo regolare nuovamente il potenziometro, con l'alimentazione già collegata. Con ciò, il circuito si avvierà, perché l'oscillatore costruito con U1A non necessita di nessun tipo di azionamento. L'oscillatore finale, costruito con U1B, è quello che darà un segnale supplementare che dipende dallo stato di conduzione dei transistor Q1 e Q2 che alternativamente lo piloteranno, così da poter ottenere la variazione tipica della frequenza di quest'ultimo oscillatore.

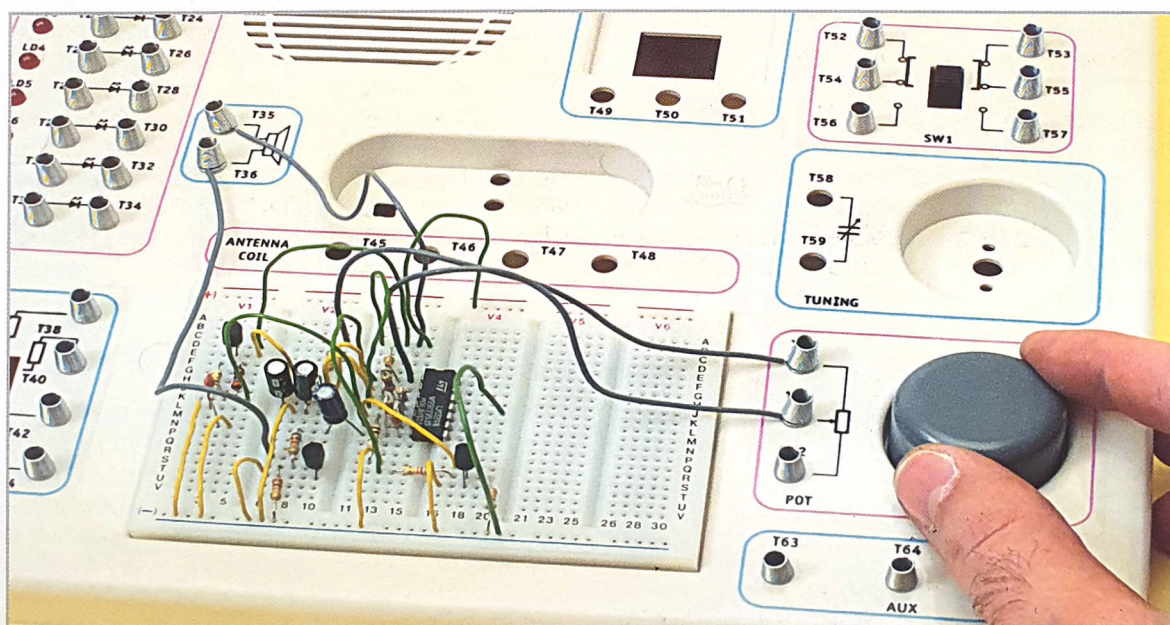
Avviamento

Il circuito dovrebbe, come minimo, emettere un qualche tipo di suono, quando si collega l'alimentazione. Se regoliamo il potenziometro POT più o meno a metà del percorso del suo cursore, si otterrà il suono desiderato; ciascuno, però, lo potrà regolare a proprio piacimento. Se

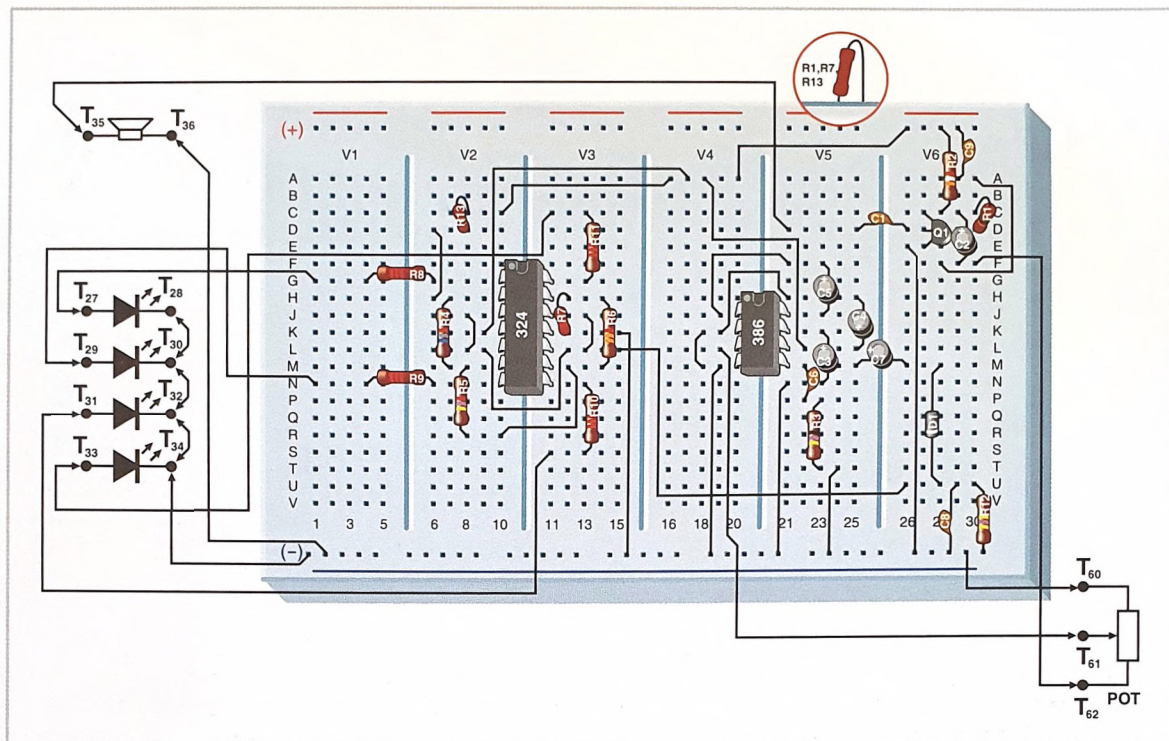
Simulatore del canto degli uccelli

COMPONENTI	
R1, R2	56 K
R3, R12	22 K
R4, R8	47 K
R5	10 K
R6	39 K
R7	82 K
R9, R10, R11	100 K
R13	8K2
R14	27 K
C1	2,2 µF
C2	1 µF
C3	4,7 nF
C4	10 µF
Q1, Q2	BC548
Q3	BC338
U1	LM324
ALTOPARLANTE	
POT	

il circuito non funziona, scollegheremo l'alimentazione e verificheremo la polarità dei condensatori elettrolitici C1, C2 e C4 e dei transistor. Verificheremo, inoltre, l'alimentazione dell'LM324.

Esperimento

Trattandosi di un circuito che ha come componente principale un oscillatore, benché sia realizzato con un amplificatore operazionale, possiamo modificare qualsiasi componente e vedere come il cambiamento della frequenza del segnale di uscita produce un cambiamento del suono. È interessante anche cambiare qualcuna delle resistenze – da R5 a R8 – che polarizzano i transistor per osservare che ora non è facile riuscire ad ottenere dei suoni.

Regoliamo il suono con il potenziometro.

Indicatore audio a quattro LED

Rappresenta il livello audio captato dal microfono in quattro livelli.

Il circuito capta un segnale audio attraverso l'altoparlante, utilizzato come microfono, lo amplifica al livello necessario e lo rettifica per ottenere un livello di tensione continuo che verrà confrontato con diversi livelli di riferimento regolati in ogni comparatore. In questo modo, in funzione del livello del segnale, si accenderanno dei diodi LED, in misura maggiore o minore. In definitiva, si tratta di un indicatore di livello del segnale audio captato dall'altoparlante.

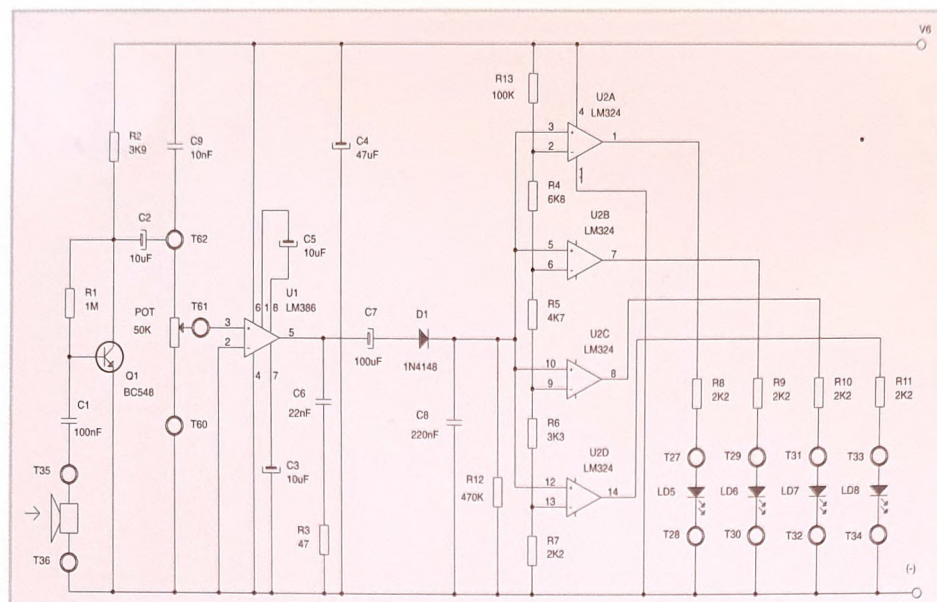
Il circuito

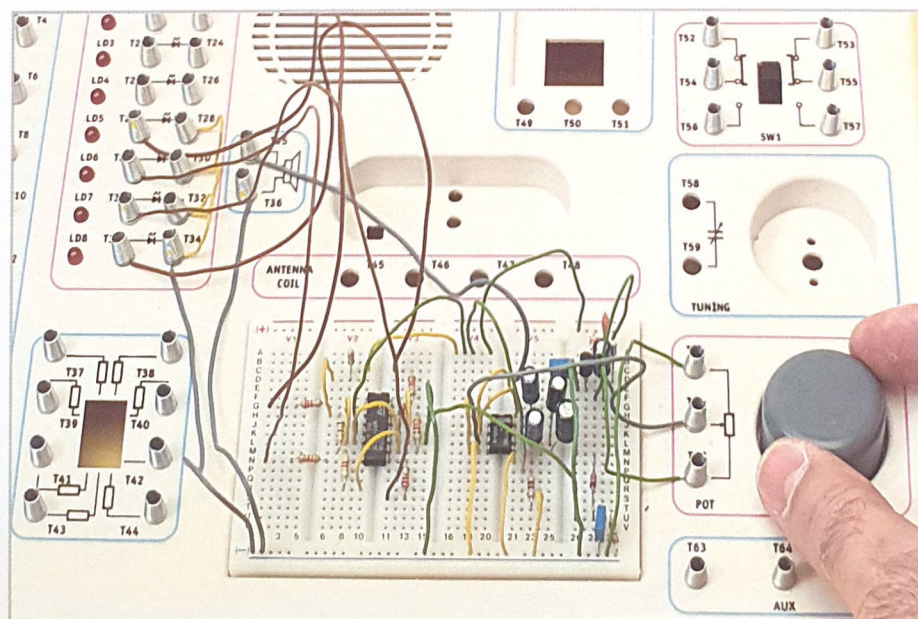
Nel circuito esistono diverse parti ben definite: ricezione, amplificazione e rettificazione e, infine, comparazione e visualizzazione del segnale. Il segnale captato dall'altoparlante viene amplificato in uno stadio che preleva il segnale amplificato da Q1. Il segnale di uscita di questo stadio viene prelevato dal collettore tramite il condensatore elettrolitico C2 e viene inviato al potenziometro POT che ci servirà per controllare il livello del segnale applicato all'entrata dell'amplificatore LM386. Questo amplificatore è configurato per un guadagno di 200 e ha inserito tra i suoi due terminali 1 e 8 un condensatore da 10 µF. Il segnale di uscita prima viene inviato attraverso il condensatore, C7, che fa da filtro passa alto eliminando la componente continua. In seguito, il segnale viene rettificato dal diodo D1 e si elimina il residuo ondulatorio mediante il condensatore C8. La tensione ottenuta alle estremità del condensatore e che dipende dal livello del segnale di entrata, viene applicata ai comparatori, in maniera tale che se questo livello supera quello stabilito come riferimento, mediante le resistenze da R4 a R7, i diodi LED corrispondenti a questi comparatori si accenderanno.

L'altoparlante capta il suono

Funzionamento

Visto il circuito, vediamone adesso il funzionamento: a tale scopo, dovremo effettuare una piccola regolazione. Collocheremo il potenziometro sul suo valore minimo, di modo che dall'amplificatore d'entrata arrivi all'amplificatore U1 il maggiore livello del segnale. Parleremo, adesso, attraverso l'altoparlante; di norma, dovrebbero

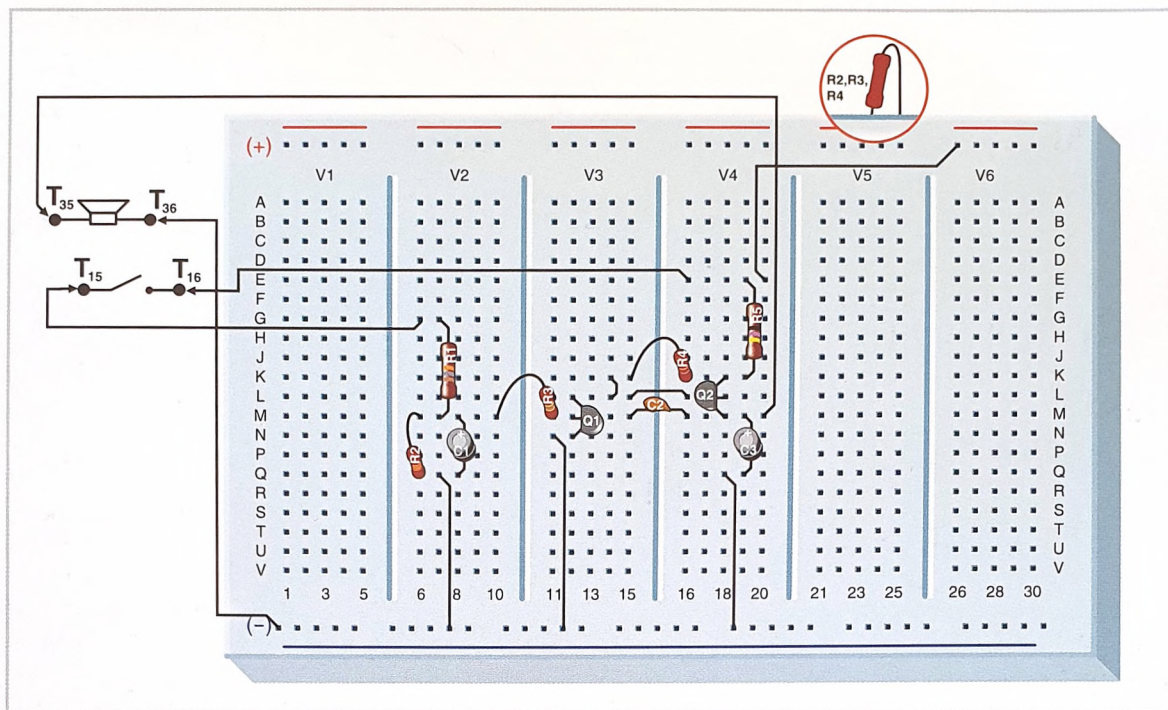
Indicatore audio a quattro LED

COMPONENTI	
R1	1 M
R2	3K9
R3	47 Ω
R4	6K8
R5	4K7
R6	3K3
R7 a R11	2K2
R12	470 K
R13	100 K
C1	100 nF
C2, C3, C5	10 µF
C4	47 µF
C6	22 nF
C7	100 µF
C8	220 nF
C9	10 nF
D1	1N4148
Q1	BC548
U1	LM386
U2	LM324
ALTOPARLANTE	
POT	
LD5 A LD8	

accendersi tutti i LED. Nel caso ciò non avvenga, scollegheremo l'alimentazione e verificheremo che tutte le connessioni siano state ben realizzate. Se si accendono tutti i diodi, muoveremo il comando del POT alla metà del suo valore e verificheremo quanti LED si siano accesi quando abbiamo parlato. Se tutti continuano ad accendersi, abbasseremo nuovamente il valore fino a che, muovendo P1, vediamo spegnersi il LED LD5 anche se continuiamo a parlare. In questo modo, abbiamo regolato il montaggio. Se non parliamo, non si accenderà nessun LED, al massimo il LED LD8, a causa delle interferenze o di un rumore di fondo persistente, ma se parliamo, e dipenderà da quanto siamo vicini all'altoparlante e dal livello a cui parliamo, si accenderà l'uno o l'altro LED.

Il potenziometro viene utilizzato per regolare il livello d'entrata.

Sperimentare il circuito

Possiamo cambiare il guadagno dell'amplificatore U1, cortocircuitando il condensatore C5 e cercando di effettuare la regolazione proprio come abbiamo detto. Possiamo circuitare anche il condensatore C7 e verificheremo come, passando tutto il livello del segnale continuo, i diodi rimarranno sempre accesi.

Sirena elettronica manuale

Imita il suono delle sirene meccaniche.

Il suono di questa sirena ha la particolarità di iniziare ad una frequenza bassa, di arrivare ad un massimo – al quale si mantiene per un certo periodo di tempo – e di ritornare alle basse frequenze. Questo funzionamento viene prodotto quando viene azionato, e poi lasciato andare, il pulsante P8.

Il circuito

Il suono della sirena viene generato mediante un oscillatore controllato dalla tensione (VCO), formato dai transistor Q1 e Q2. L'oscillazione si produce perché il condensatore C2 porta parte del segnale di uscita ancora all'entrata: è la controreazione. Come abbiamo detto, la frequenza dell'oscillatore può essere cambiata mediante una variazione della tensione applicata, attraverso R3, alla base di Q1. Questa tensione è quella che abbiamo agli estremi di C1, per cui all'inizio, quando si aziona il pulsante P8, la tensione in questo condensatore cresce, perché il condensatore inizierà a caricarsi attraverso R1, il che provoca un incremento della frequenza di uscita. Quando si libera il pulsante, il condensatore C1 si scarica attraverso la resistenza R2, per cui la diminuzione della tensione agli estremi provocherà una diminuzione della frequenza dell'oscillatore. Il condensatore C3 limita la frequenza massima dell'oscillatore, agendo come filtro passa basso.

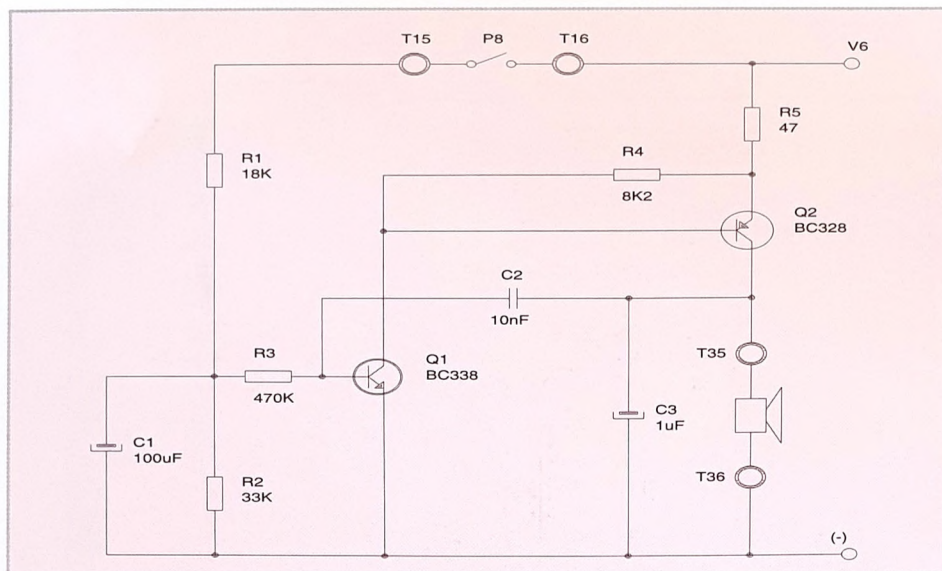
La frequenza di uscita viene controllata dalla tensione

Funzionamento

In stato di riposo, con l'alimentazione collegata, ma senza che venga azionato il pulsante P8, il circuito rimane inattivo. Quando viene premuto P8, il condensatore si carica, la sua tensione sale e, conseguentemente, all'uscita si produce un incremento della frequenza fino ad un valore massimo che viene dato dalla carica totale del suddetto condensatore. Rimane a questa frequenza fino a quando il pulsante non viene rilasciato. In questo momento, il condensatore inizia a scaricarsi e ciò fa diminuire la frequenza dell'uscita finché non si scarica completamente.

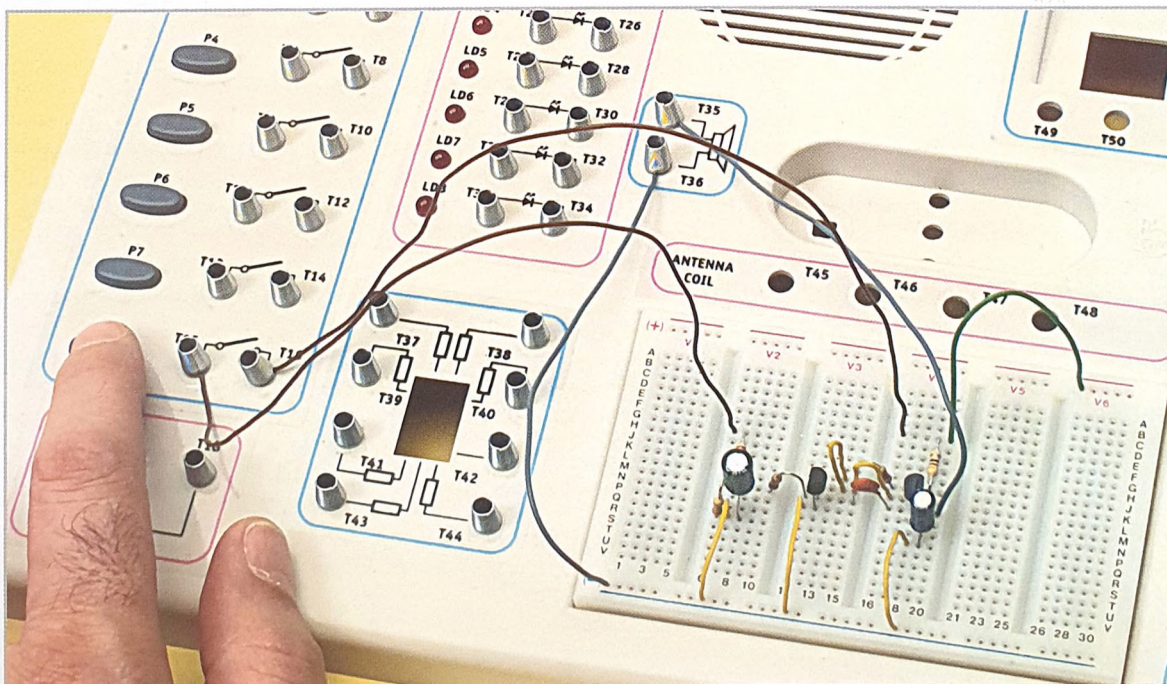
Avviamento

Per assicurare il funzionamento del circuito, prima di collegare l'alimentazione, dobbiamo ripassare tutte le connessioni di tutti i

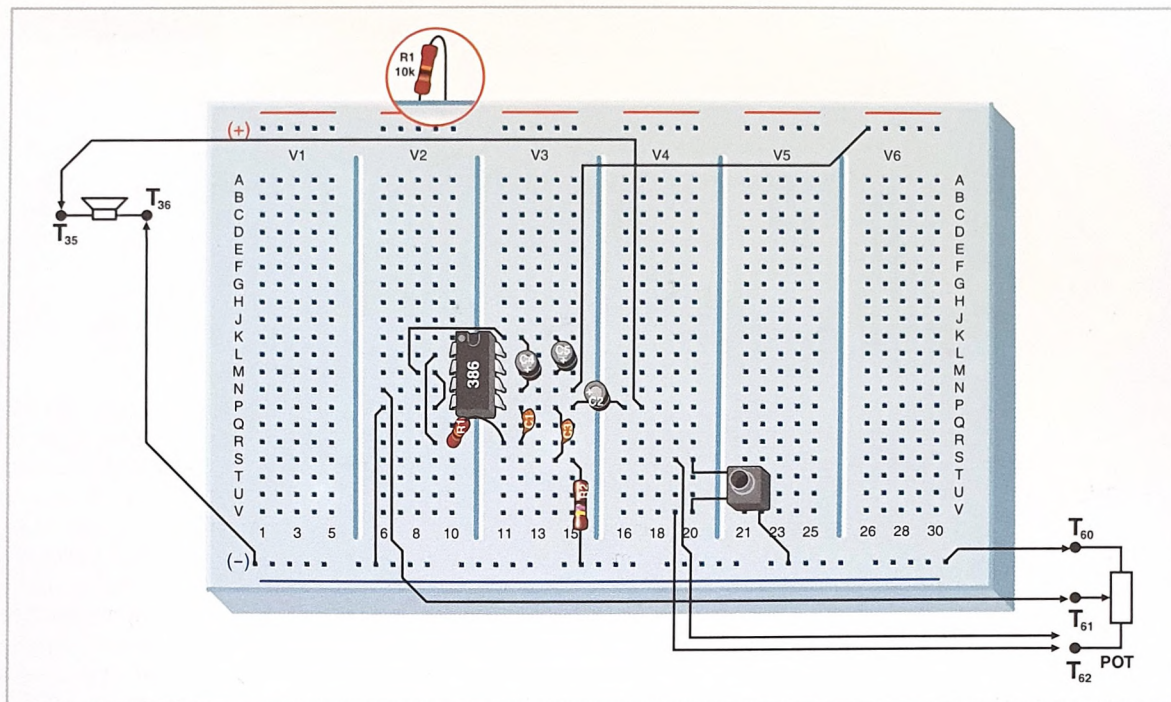
Sirena elettronica manuale

COMPONENTI	
R1	18 K
R2	33 K
R3	470 K
R4	8K2
R5	47 Ω
C1	100 µF
C2	10 nF
C3	1 µF
Q1	BC338
Q2	BC328
ALTOPARLANTE	
P8	

componenti e soprattutto la polarità dei due transistor e dei condensatori elettrolitici.

Sperimentiamo il circuito

Nel montaggio possiamo cambiare la frequenza dell'oscillazione, cioè la frequenza massima che si produce quando il condensatore è caricato, variando il valore del condensatore C2, provare 47µF e con 220µF. È anche possibile fare in modo che l'aumento della frequenza iniziale e il decremento finale, che sono quelli che generano il caratteristico suono del circuito, si producano durante un tempo più lungo. Perciò basta aumentare il valore della resistenza R3.

Se cambiamo C2, cambieremo la frequenza del circuito.

Amplificatore dei bassi

Amplificatore da 500 mW con guadagno aumentato al di sotto dei 500 Hz.

Ricordiamo che il circuito integrato LM386 è stato disegnato per costruire amplificatori audio fino a 500 mW e che si alimenta con tensione continua tra 4 e 12 Volt. Utilizzando il circuito di controreazione adeguato per incrementarne la risposta in frequenza per le frequenze minori della banda audio.

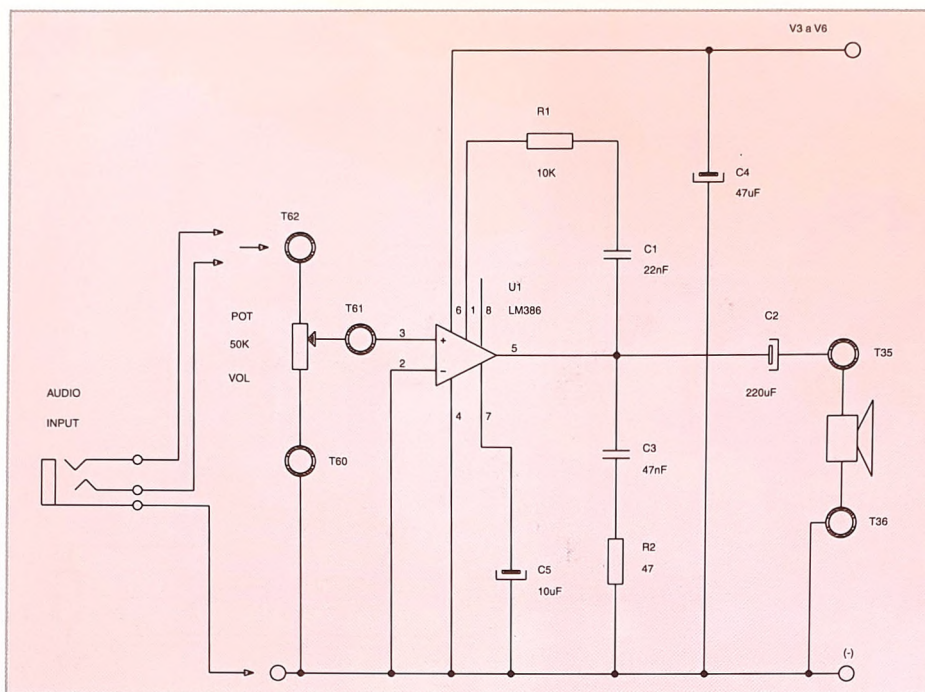
Il circuito

Il circuito corrisponde al montaggio di un amplificatore base a cui verrà aggiunto un circuito di controreazione formato da una resistenza da 10 K, R1, in serie con un condensatore da 22 nF, C1. Si ottiene, così, un miglioramento del guadagno per le frequenze più basse; cominciamo ad apprezzarlo a partire dai 500 Hz. Diventa massimo a 100 Hz, frequenza alla quale si ottengono 5 dB rispetto al guadagno a 1 kHz. Il condensatore di disaccoppiamento di uscita viene aumentato fino a 220 µF per migliorare la risposta alle basse frequenze, basta ricordare che l'impedenza dei condensatori aumenta all'abbassarsi della frequenza, pertanto se si abbassa il valore, stiamo interdicendo la risposta in uscita per le basse frequenze. L'utilizzo di questo condensatore in uscita diventa inevitabile perché nel terminale 5 del circuito integrato c'è una tensione continua approssimativamente la metà della tensione d'alimentazione sovrapposta al segnale alternato, che sarebbe quello contenente l'informazione del suono. I condensatori C4 e C5 hanno il compito di filtrare l'alimentazione, evitando che alcune parti del circuito influenzino il funzionamento degli altri stadi; nel caso non venissero utilizzati, diventa estremamente probabile, praticamente è una sicurezza, che il funzionamento dell'amplificatore abbia numerose interferenze, interferenze che è possibile ascoltare all'altoparlante, anche se all'entrata non applichiamo un segnale audio. Il condensatore C3, collegato all'uscita del circuito e posto in serie alla resistenza R2, evita, a frequenze elevate, le eventuali autooscillazioni del circuito.

Massimo guadagno per frequenze di 100 Hz

Connessioni

Le connessioni tra la piastra dei prototipi e il controllo del volume, che è il potenziometro da 50K LOG del pannello, possono provocare rumori, se non sono state realizzate con cavi schermati. Vediamo quali esperimenti

Amplificatore dei bassi

COMPONENTI	
R1	10 K
R2	47 Ω
C1	22 nF
C2	220 µF
C3	47 nF
C4	47 µF
C5	10 µF
U1	LM386
POT	
ALTOPARLANTE	

possiamo portare a termine per risolvere questo problema. Solitamente si ottiene un buon risultato disponendo molto vicino al (-) il cavo che porta al terminale T6: possiamo osservarlo grazie alla fotografia del montaggio. Una buona riuscita la si raggiunge anche arrotolando tra loro i tre cavi di connessione del potenziometro del volume. Un analogo problema si manifesta anche con le connessioni esterne tra il jack e la piastra dei prototipi.

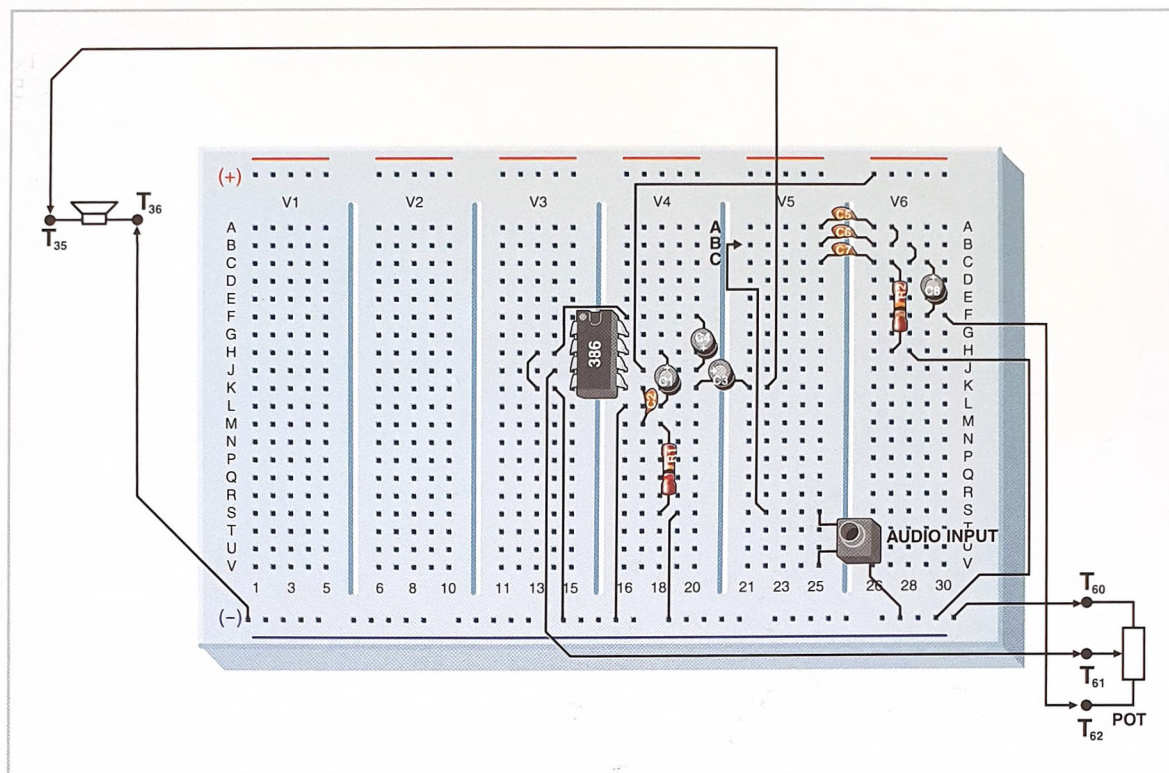
Le soluzioni sono le medesime, anche se dobbiamo dire che il problema aumenta quanto più spessi sono i cavi e viceversa. Per quanto concerne il cavo di connessione tra l'apparecchiatura che eroga il segnale audio da amplificare e il jack, deve essere anch'esso schermato, perché la sua lunghezza non ci permette di avere una qualità del segnale accettabile.

L'altoparlante

L'altoparlante del laboratorio ha dimensioni ridotte e anche la sua cassa di risonanza è limitata e sufficiente solo per le applicazioni più comuni. Possiamo apprezzare, rispetto a questo altoparlante, un miglioramento delle note più basse se possiamo disporre di un altoparlante esterno da 8 Ω con un diametro maggiore; potremo così notare il miglioramento della risposta alle basse frequenze; non dobbiamo dimenticare, però, che anche l'altoparlante ausiliario, utilizzato in sostituzione di quello del laboratorio, deve avere una cassa acustica o una cassa di risonanza, senza la quale non potremmo percepire alcuna miglioria della risposta in frequenza.

Amplificatore audio di potenza con rinforzo dei toni bassi

Filtro passa alto

Passano solamente le frequenze al di sopra di quella di interdizione.

Questo filtro possiede, in realtà, solamente due componenti: la resistenza R2 e uno dei condensatori C5, C6 o C7. Il resto del circuito è un amplificatore che ne rende facile la verifica senza che si debba utilizzare strumentazione da laboratorio. Si noti che la resistenza è in parallelo, mentre il condensatore è in serie.

Per l'entrata B passano le frequenze al di sopra di 1.600 Hz e l'attenuazione si nota molto bene perché il suono diventa metallico. Infine, per quanto riguarda l'entrata A, dato che la frequenza di interdizione è molto alta, della banda audio si sentono solamente le frequenze alte: il suono diventa stridulo e si nota pochissimo il "taglio" realizzato dal filtro.

Il circuito

Il circuito del filtro possiede una frequenza di interdizione differente a seconda del tipo di condensatore utilizzato: con C5 si ha una frequenza di interdizione approssimativamente di 14 kHz, con C6 di circa 1,6 kHz e con C7 di 200 Hz. L'amplificatore audio consente di ascoltare, dopo essere passato attraverso il filtro, il segnale audio applicato all'entrata e proveniente da un walkman o da un piccolo ricevitore radio. Quando viene applicato all'entrata C, si nota a mala pena la differenza perché "taglia" le note più basse della banda audio.

Ha tre possibilità di regolazione

Connessioni

La connessione all'apparecchio che genera il segnale audio deve essere effettuata mediante un cavo schermato. Possiamo utilizzare l'uscita OUT delle apparecchiature che ne dispongono oppure l'uscita destinata agli auricolari, ma abbassando sensibilmente il volume d'uscita del ricevitore o del walkman per evitare che l'amplificatore possa distorcere.

Avarie

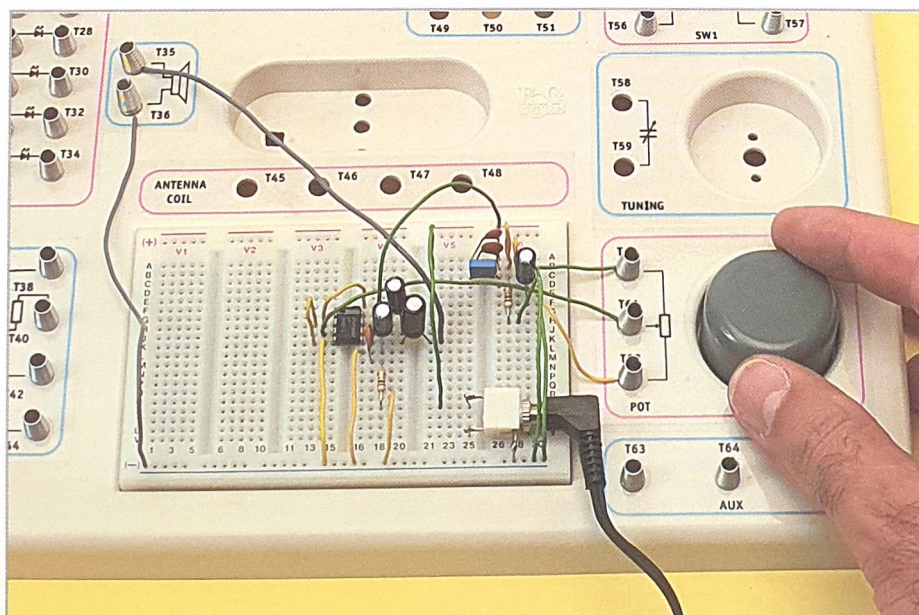
Questo circuito è semplicissimo e si raccomanda di lasciare montato l'amplificatore per

Filtro passa alto

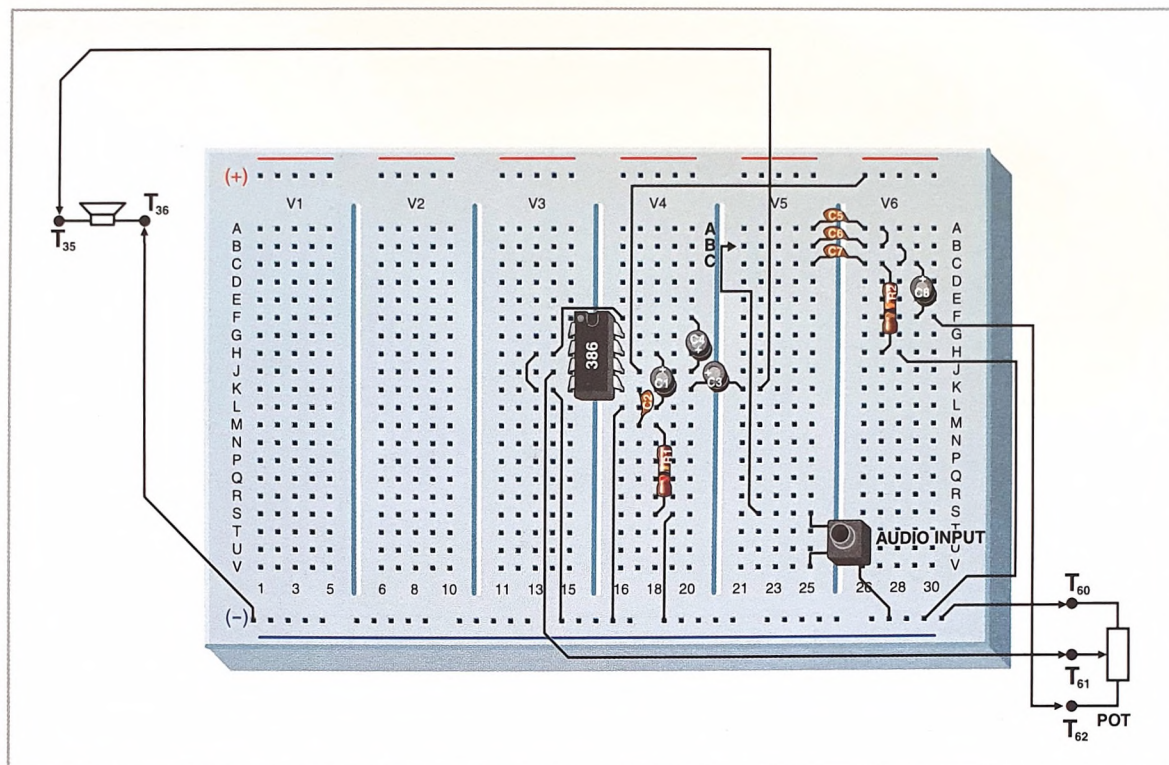
COMPONENTI	
R1	2 Ω
R2	10 K
C1, C8	10 µF
C2	47 nF
C3	220 µF
C4	47 µF
C5	1 nF
C6	10 nF
C7	100 nF
U1	LM386
JACK	
POT	
ALTOPARLANTE	

poter così effettuare maggiori esperimenti; infatti, lo si utilizza molto. Il circuito non è molto complesso e non lo si deve regolare, tuttavia, si consiglia di usare valori alternativi per i condensatori così da verificarne l'effetto sui segnali audio.

Si possono fare filtri di questo tipo per segnali al di fuori della banda audio, ma, in questo caso, avremmo bisogno della strumentazione adatta a verificarne il funzionamento. Utilizzando la banda audio, si può sentire facilmente a orecchio nudo il funzionamento di questo tipo di filtro.

Come abbiamo già avuto modo di osservare, il filtro è passivo, essendo costituito solamente da una resistenza e da un condensatore.

Amplificatore audio di potenza con filtro passa alto alla sua entrata.

Filtro passa basso

Taglia le frequenze al di sopra della frequenza di interdizione.

Il circuito corrispondente al filtro passa basso è costituito da due componenti: la resistenza R2 e uno dei condensatori C5, C6 o C7. La rimanenza del circuito è un amplificatore audio con il suo corrispondente altoparlante, che consente di verificare il funzionamento del filtro senza l'utilizzo di strumenti di laboratorio. Se analizziamo l'esperimento "AUDIO 22", possiamo vedere che lo schema è duale rispetto a quest'ultimo, si cambiano i condensatori con le resistenze e viceversa; in questo caso, la resistenza viene collegata in serie, mentre il condensatore in parallelo.

Il circuito

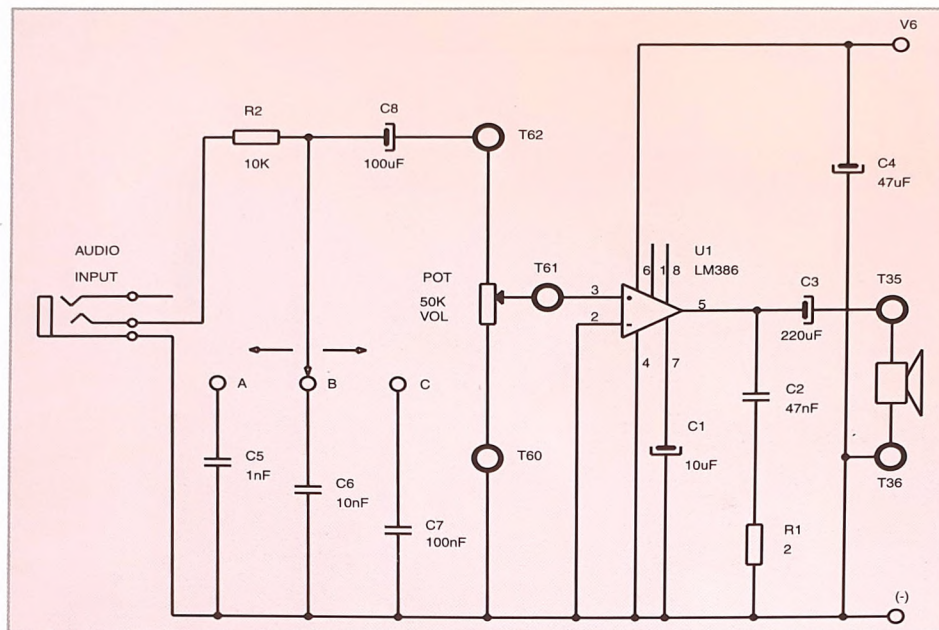
Il circuito corrisponde a un filtro passa basso passivo di primo ordine, la frequenza di interdizione è determinata dalla relazione tra i valori del condensatore e della resistenza che costituiscono il filtro. Nel nostro prototipo le misurazioni ottenute sono state le seguenti: per il condensatore da 1 nF – portando la connessione al punto A dello schema – una frequenza di 13,7 kHz; per il condensatore da 10 nF la frequenza di interdizione scende a 1,2 kHz e per C7 arriva a 150 Hz. Il condensatore C8 viene utilizzato per isolare la componente continua.

Taglia le note acute

Esperimento 1

Questo circuito non ha bisogno di regolazioni e deve poter funzionare fin dal primo istante. Le frequenze di interdizione sono all'interno della banda audio e così la verifica viene notevolmente facilitata. Come fonte del suono da applicare al jack si possono utilizzare l'uscita degli auricolari di un walkman o di un piccolo ricevitore tascabile. Il livello d'uscita di questi apparecchi deve essere regolato adeguatamente, grazie al controllo del volume, per cercare di non di applicare un segnale eccessivo al montaggio sperimentale che provocherebbe delle distorsioni nell'amplificatore; bisogna ricordare che questa connessione d'entrata del segnale deve essere effettuata mediante un cavo schermato per evitare di captare interferenze varie. Il suono potrà essere ascoltato all'altoparlante.

Innanzitutto si toglie il cavo di connessione e non si collega

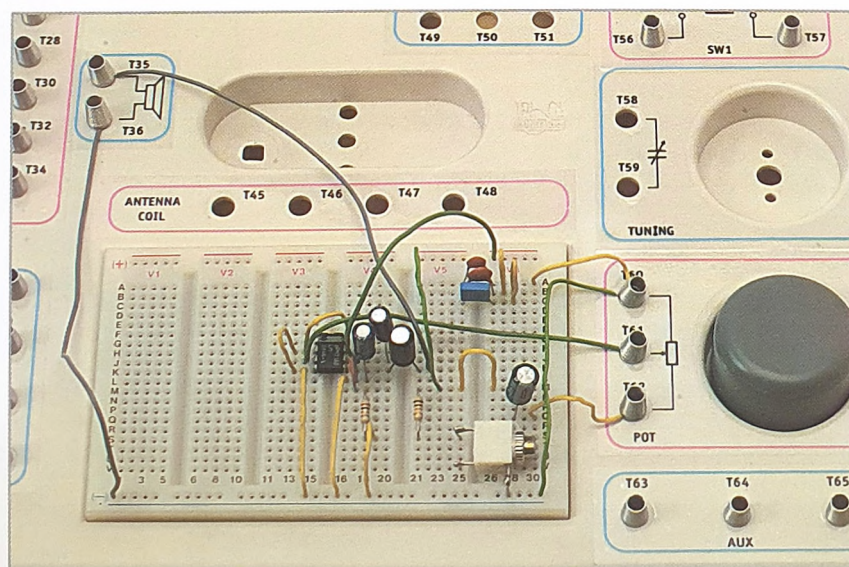
Filtro passa basso

COMPONENTI

R1	2 Ω
R2	10 K
C1	10 µF
C2	47 nF
C3	220 µF
C4	47 mF
C5	1 nF
C6	10 nF
C7	100 nF
C8	100 µF
U1	LM386
JACK	
POT	
ALTOPARLANTE	

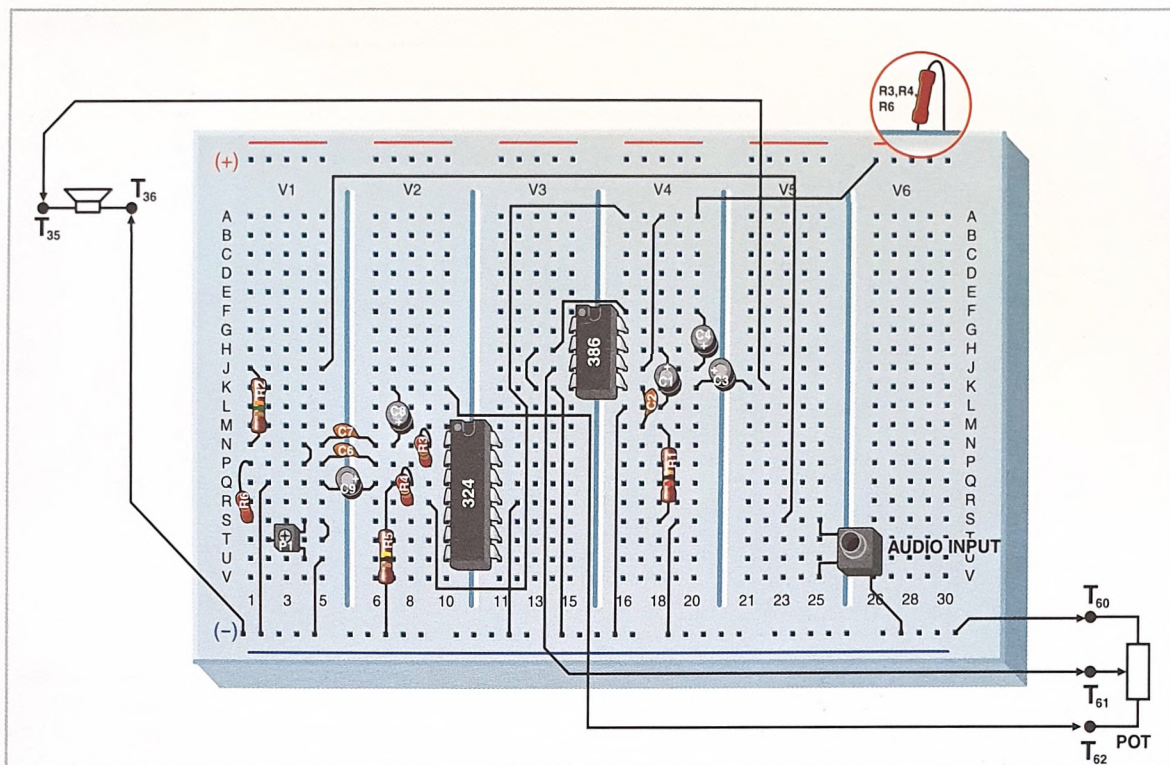
nessuno dei condensatori C5, C6 o C7, in maniera tale che il filtro non agisca e il segnale non filtrato si possa sentire nell'amplificatore. Senza scollegare l'alimentazione, possiamo realizzare la connessione a C5: potremo notare la forte attenuazione delle frequenze più alte, perché la frequenza di interdizione è di circa 13,7 kHz. Se passiamo a connettere la connessione a B, il taglio si noterà molto di più e le frequenze alte si sentiranno molto attenuate. Se ci colleghiamo a C7, potremo ascoltare solamente le frequenze più basse della banda audio.

Esperimento 2

Si raccomanda di effettuare le verifiche utilizzando altri valori per i condensatori, in maniera da poter vedere come influiscono sul segnale ascoltato all'altoparlante. Si potrà osservare che per le voci è consigliabile filtrare, mentre per dei brani musicali, il suono viene tagliato abbastanza. Ad ogni modo, l'orecchio umano è in genere maggiormente sensibile alle frequenze acute piuttosto che a quelle basse. Di norma, consigliamo di provare con valori di capacità di 2,2 nF e di 3,2 nF, ottenibili ponendo in parallelo un condensatore da 1 nF con un altro da 2,2 nF.

Si può cambiare anche la risposta del filtro cambiando il valore della resistenza R2; non vi diremo il risultato. Vi invitiamo unicamente a sperimentare con resistenze da 1 K e da 47 K.

Amplificatore audio con filtro passa basso all'entrata.

Filtro passa banda attivo

Lascia passare la banda di frequenze intorno ai 2 kHz.

Questo circuito corrisponde a un filtro passa banda attivo con un guadagno di circa 5 volte per la frequenza centrale e una Q di 5.

Il circuito

Il circuito corrisponde ad una configurazione di filtro molto stabile, cioè da non entrare in oscillazione, e che non è molto esigente per quanto concerne la tolleranza dei componenti. Questi problemi fanno sì che molti circuiti di filtri attivi che sono in teoria molto buoni, a volte in pratica non funzionano perché hanno bisogno di componenti con valori estremamente precisi. Questo circuito, fortunatamente, non presenta questi problemi e i suoi valori possono essere calcolati con una formula approssimativa. Inoltre, presenta il vantaggio di poter funzionare con un'alimentazione asimmetrica.

Calcolo dei condensatori

I condensatori che formano il filtro sono C6 e C7: devono essere uguali ed il loro valore in nanoFaraday viene ottenuto dividendo 20 per la frequenza centrale, che, dato che in questo caso è di 2 kHz, risulta essere 10. Scegliamo quindi il valore standard di 10 nF.

Calcolo di R3

Per R3 si utilizza la seguente formula: R3 = Q/π x fo x C, dove Q è il fattore di qualità – in questo caso 5 – fo è 2 kHz e C è 10 nF. Risulta un valore di 79,5K e quindi opteremo per il valore commerciale più vicino: 82K.

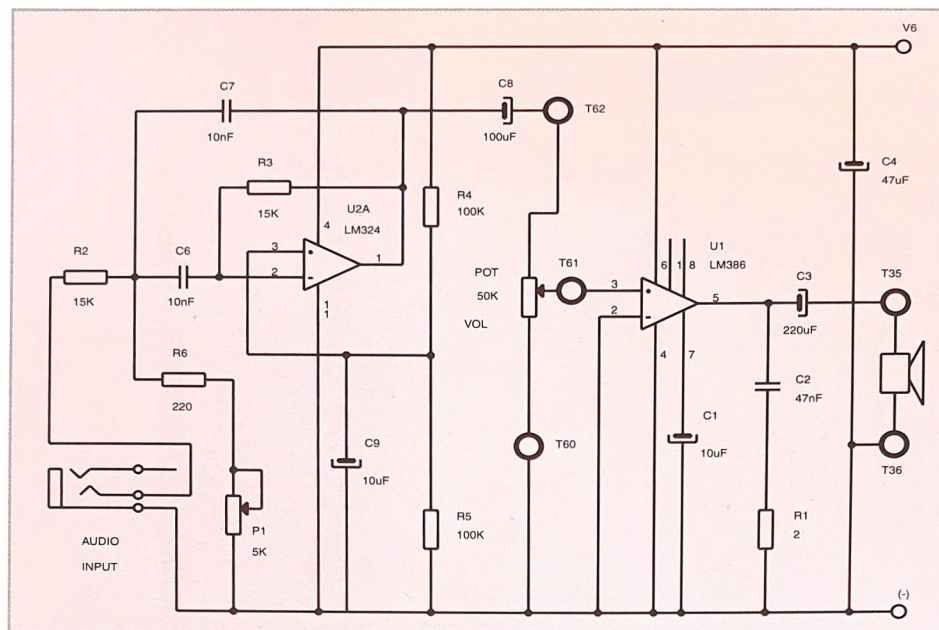
Calcolo di R2

Il valore della resistenza R2 si calcola dividendo il valore di R3, appena ottenuto, per il doppio del guadagno. In questo caso il guadagno è di 5 e quindi per R2 avremo un valore di 8K2.

Evidenzia la voce

Calcolo di Rx

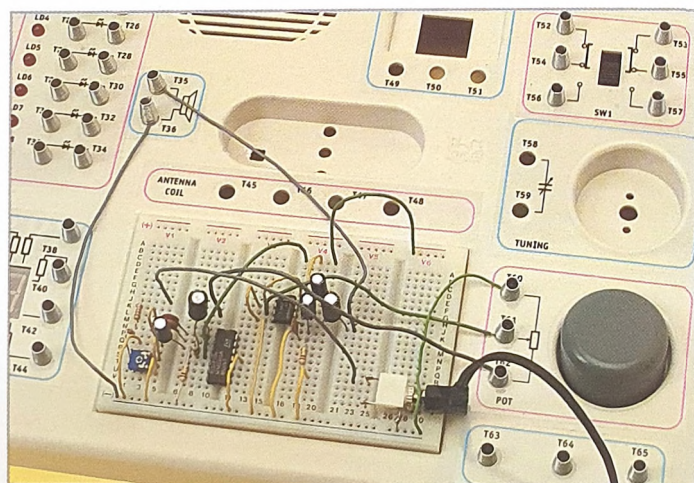
Rx rappresenta la resistenza che si collega tra il punto di unione della resistenza R2 ed il condensatore C6 e il negativo dell'alimentazione. Nello schema è la somma della resistenza R6 da 220 Ω

Filtro passa banda attivo

COMPONENTI	
R1	2
R2, R3	15 K
R4, R5	100 K
R6	220
P1	5 K
C1, C9	10 µF
C2	47 nF
C3	220 µF
C4	47 µF
C6, C7	10 nF
C8	100 µF
U1	LM386
U2	LM324
JACK	
POT	
ALTOPARLANTE	

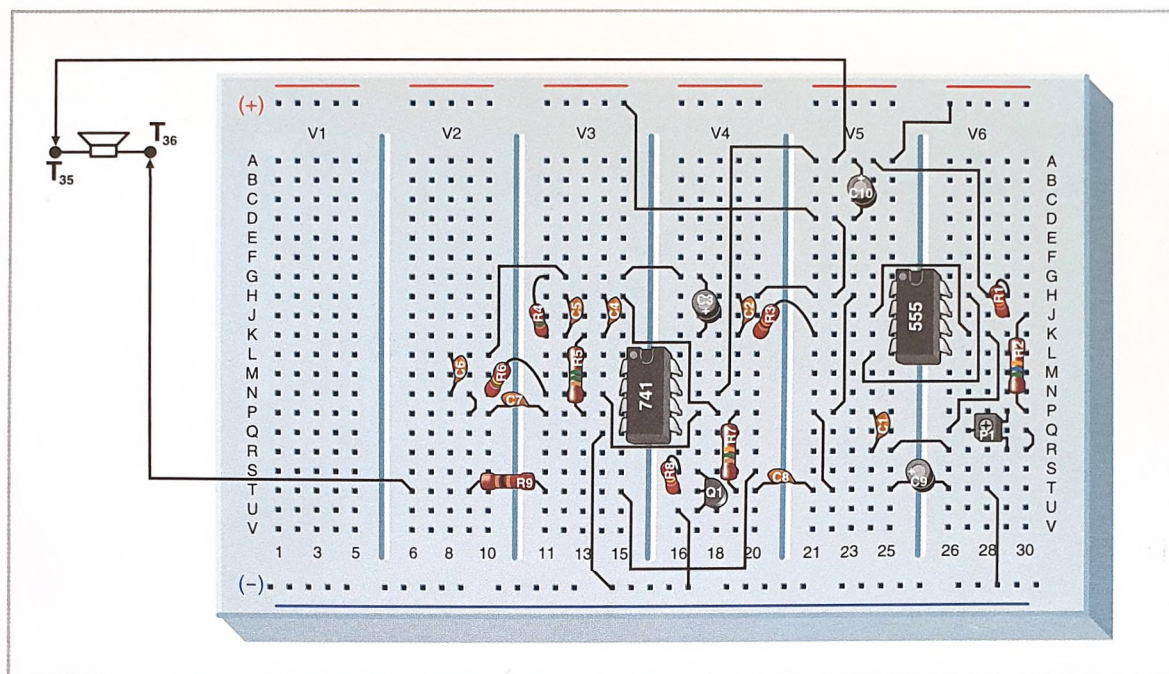
e il valore a cui viene regolato il potenziometro P1. Per il suo calcolo si utilizza la seguente formula: Rx = R2xR3/(4QQR2 – R3), sostituendo i corrispondenti valori risulta un valore teorico di 911 Ω.

Regolazione

Per realizzare una regolazione ottimale di questo filtro si deve collegare alla sua entrata un generatore di segnale in modo da applicare un segnale da 2 kHz; all'uscita si misura il medesimo valore e si regola P1 fino ad ottenere il massimo livello. Tuttavia, dato che non sempre si dispone della strumentazione adeguata per effettuare queste misurazioni, si farà una regolazione approssimativa impiegando un altro metodo. Si regolerà il potenziometro P1 al massimo valore e all'entrata si collegherà un segnale audio, proveniente ad esempio, da un walkman o da un piccolo apparecchio ricevitore radio; osserveremo, allora, che una banda di frequenza si rialza di molto. E' quella corrispondente alle frequenze vocali – più o meno al centro della banda audio –; in questo preciso momento, regoliamo P1 e vediamo l'effetto. Si deve tenere conto del fatto che le formule approssimative sono valide solamente per le frequenze all'interno della banda audio: non sono esatte, ma sono utili. Se cambiamo il valore dei condensatori, dobbiamo ricordarci che devono avere il medesimo valore.

Se si riduce la resistenza Rx e la si sostituisce con un ponte, quando regoliamo la resistenza di P1 su un valore bassissimo, il filtro si converte in oscillatore ed eroga un segnale, anche se non viene eccitato. Nel circuito mostrato nella fotografia, si è ottenuta una frequenza centrale tra 1,7 kHz per P1 a 5K e 7kHz per 0K; questi valori, però, possono variare a causa della tolleranza dei componenti. Il filtro è astabile se il guadagno e Q non superano 7; se si supera questo valore può entrare in oscillazione.

Filtro passa banda da 2 kHz cui è stato aggiunto un amplificatore audio.

Filtro a eliminazione di banda

Attenua le frequenze più vicine a 1 kHz.

Questo circuito è un filtro a eliminazione di banda attivo la cui frequenza centrale è approssimativamente di 1 kHz. Non possiamo variare questa frequenza perché i componenti sono stati scelti in funzione della frequenza, ma possiamo allontanarci un poco dal suo valore sfruttando la tolleranza degli elementi. I condensatori C6 e C7 devono essere uguali; possiamo ottenere il terzo condensatore del filtro con due condensatori identici collegati in parallelo, così da avere esattamente il doppio del valore di C6, oppure del valore di C7, e così da far funzionare correttamente il filtro. Le resistenze R4 e R5 avranno il medesimo valore, mentre R6 sarà la metà.

Elimina un tono

Il circuito

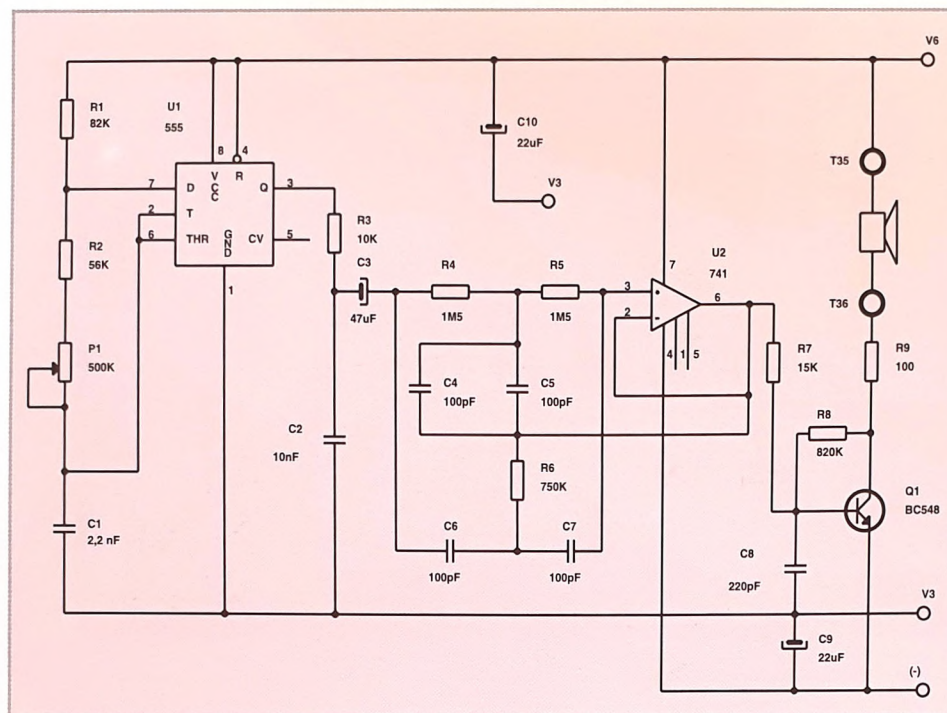
Il circuito è abbastanza stabile, ma deve essere alimentato simmetricamente: possiamo farlo facilmente alimentandolo con una pila. Il filtro è costituito dai componenti citati e dall'amplificatore operazionale 741. Il resto del circuito ha una funzione ausiliaria: ci consente di verificare a orecchio che il filtro funziona senza dover utilizzare strumenti vari. Se disponete di un generatore, potete applicare al condensatore C3 un tono di circa 1 kHz, prendendo come massa V3 e misurando con l'oscilloscopio l'uscita nel terminale 6 del circuito integrato 741. Continuiamo, però, con la descrizione del circuito. Il condensatore C3 viene collegato a un oscillatore astabile realizzato con un 555; quando viene generata un'onda quadra, si filtra col condensatore C2.

Questo oscillatore lavora a una frequenza di circa 1 kHz, e a quelle vicine, sia al di sopra che al di sotto di questa frequenza. Il transistor di uscita Q1 amplifica il segnale di uscita di modo che lo possiamo ascoltare comodamente dall'altoparlante.

La verifica

Collegando l'alimentazione, potremo ascoltare all'altoparlante un suono: è il segnale generato dall'oscillatore astabile che stiamo verificando. Il segnale attraversa il filtro, viene amplificato e, quindi, generato attraverso l'altoparlante. Ruotando il cursore del potenziometro P1, avremo diverse frequenze; muovendolo lentamente e avvicinandoci approssimativamente a 1 kHz, il livello del suono si abbasserà di molto.

Aumenterà, invece, ruotandolo da una parte o dall'altra rispetto a 1 kHz, perché variamo

Filtro a eliminazione di banda

COMPONENTI	
R1	82 K
R2	56 K
R3	10 K
R4, R5	1M5
R6	750 K
R7	15 K
R8	820 K
R9	100 Ω
P1	500 K
C1	2,2 nF
C2	10 nF
C3	47 µF
C4,C5,C6,C7	100 pF
C8	220 pF
C9,C10	22 µF
Q1	BC548
U1	555
U2	741
ALTOPARLANTE	

la frequenza e ci spostiamo dalla banda di "filtraggio".

Problemi

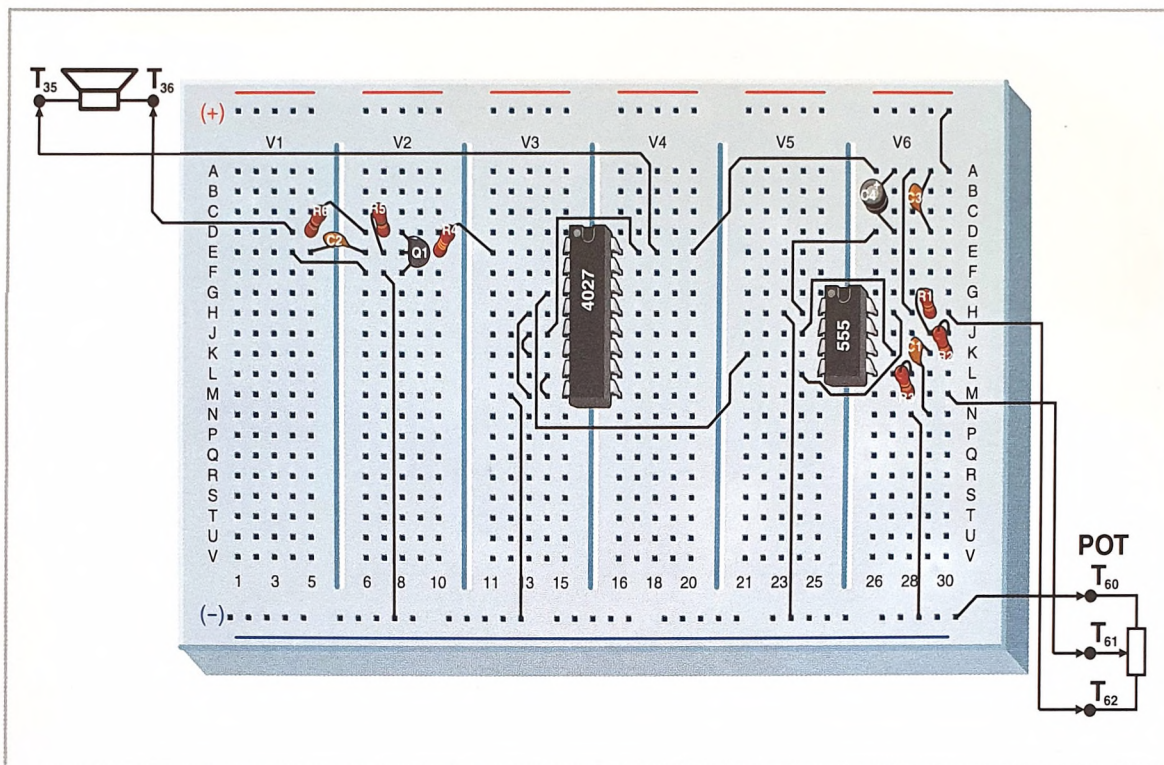
Se il circuito non dovesse funzionare, dobbiamo controllare i cavi, gli inserimeneti degli stessi e dei componenti, i valori di ogni componente, sia di quelli appartenenti al filtro che di quelli appartenenti ai circuiti ausiliari utilizzati per la verifica.

Varianti

Il valore dei componenti può essere cambiato, anche se di poco, perché dobbiamo tenere conto delle relazioni esistenti tra gli elementi di cui abbiamo parlato all'inizio. Possiamo, per esempio, cambiare la resistenza, aggiungendo a R4 e a R5 delle resistenze in serie da 100K e a R6 da 47K, in modo da poter osservare cosa succederà. In ogni caso, dobbiamo tenere ben presente che se si utilizzano valori molto diversi rispetto a quelli originari, il circuito smetterà di funzionare come filtro attenuatore di banda.

Filtro attenuatore di banda da 1 kHz.

VCO a frequenze udibili

Utilizzando l'entrata di modulazione, possiamo variare la frequenza di uscita del 555.

Il circuito come segnale d'entrata ha una tensione continua che varia tra 0 Volt e la tensione di alimentazione. In tutta la scansione, mano a mano che variamo la tensione d'entrata, otteniamo una diversa frequenza di uscita. Quando sta all'interno della banda udibile, è possibile ascoltarla all'altoparlante.

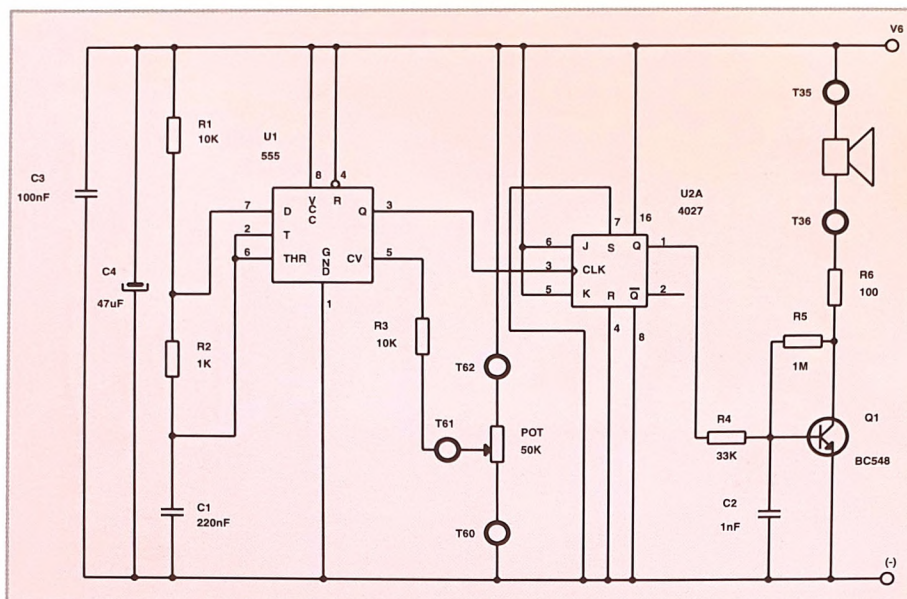
Il montaggio

Nello schema del circuito possiamo vedere due parti chiaramente differenziate. Da una parte abbiamo il circuito a sinistra, che è un oscillatore astabile realizzato con un 555 che ha il terminale 5 (CV) collegato al terminale mobile del potenziometro. Mediante questa connessione moduliamo il segnale del 555 e otteniamo alla sua uscita (terminale 3) un segnale la cui frequenza dipende dalla posizione del cursore del potenziometro. La frequenza dell'onda quadra in uscita si divide in due per mezzo del flip-flop T: in questo modo otteniamo alla sua uscita un'onda quadra divisa per due, anche se la frequenza è diversa, e la sua uscita sarà collegata a un piccolo amplificatore realizzato da un transistor collegato con un altoparlante, cosicché potremo sentire suoni di diversa frequenza.

Modulazione del 555

Come abbiamo avuto modo di dire, il circuito sarebbe un astabile normale, nel quale potremmo variare la frequenza del segnale di uscita se avesse il terminale 5 libero. Questo terminale si chiama entrata di modulazione e ci consente di modulare l'uscita, cioè di cambiarne la frequenza. Quando mettiamo a zero il terminale, il 555 funziona come un astabile normale, tuttavia, quando applichiamo al terminale un preciso livello di tensione, la frequenza di uscita varia. A tale scopo colleghiamo questo piedino all'uscita di un potenziometro, per ottenere una tensione variabile e, di conseguenza, una frequenza variabile all'uscita 3.

La frequenza di uscita dipende direttamente dal livello di tensione

VCO a frequenze udibili

COMPONENTI	
R1, R3	10 K
R2	1K
R4	33 K
R5	1M
R6	100 Ω
C1	220 nF
C2	1 nF
C3	100 nF
C4	47 µF
Q1	BC548
U1	555
U2	4027
ALTOPARLANTE	
POTENZIOMETRO	

Accensione

Una volta montato tutto il circuito, dovremo connetterlo all'alimentazione cosicché possa funzionare direttamente. Tutte le frequenze possono essere percepite a orecchio, per cui, per avere una frequenza che risulti, in maggior o minor misura, gradevole, potremo regolarla grazie al potenziometro POT. Se il circuito non dovesse funzionare dopo aver collegato l'alimentazione, la scollegheremo immediatamente e verificheremo, dapprima, l'alimentazione di ogni integrato e, poi, che il collegamento del transistor sia stato ben realizzato.

Esperimenti

Il circuito non ci offre molte possibilità di effettuare degli esperimenti. In primo luogo, possiamo variare il valore del condensatore C1 e quello delle resistenze R1 e R2, per poter ottenere una gamma diversa delle frequenze di uscita. Sappiamo che, sempre che aumentiamo una qualche resistenza o un qualche condensatore, avremo una frequenza minore; perché sia maggiore dobbiamo diminuire le resistenze o i condensatori o entrambi. Possiamo anche fermare, o attivare, il circuito e per far ciò dobbiamo solamente mettere a massa il terminale 4 del 555. Questa operazione provocherà un RESET che bloccherà l'oscillatore.

VCO con 555. U2 divide in due la frequenza.

Generatore di onda quadra e triangolare

Generatore con due uscite: di onda triangolare e onda quadra.

Questo circuito è molto comune ed è realizzato con un piccolo numero di componenti. All'uscita S1 abbiamo un'onda triangolare e all'uscita S2 un'onda quadra.

Se l'altoparlante non carica eccessivamente l'uscita dei due amplificatori operazionali, si ottengono delle onde abbastanza perfette – possiamo vederle nelle fotografie dello schermo dell'oscilloscopio alla pagina seguente – misurando su questo circuito e mantenendo scollegato l'altoparlante.

L'altoparlante che si collega all'uscita ha lo scopo di verificare che il circuito sta funzionando, anche se, naturalmente si udiranno solamente le frequenze che il nostro orecchio è in grado di percepire.

Il circuito

Il primo amplificatore operazionale, U1A, è un integratore. Il condensatore si carica attraverso la resistenza che si ottiene dalla regolazione del potenziometro P1: quanto maggiore è la resistenza, tanto più bassa sarà la frequenza, perché il condensatore impiega più tempo nel caricarsi. L'uscita di questo circuito è un'onda triangolare che attraverso una resistenza da 15K si applica ad un comparatore con isteresi, chiamato comunemente Trigger di Schmitt. L'entrata invertente di questo secondo operazionale è collegata a V3, che in questo caso è lo zero della tensione simmetrica, dato che V6 corrisponde a +4,5V e (-) a -4,5V.

Quando l'onda triangolare è ascendente e si supera il livello di comparazione, l'uscita passa a livello alto e si controalimenta all'entrata invertente del primo operazionale, e allo stesso tempo in cui si inverte la carica del condensatore e cambia la polarità dell'onda triangolare; quando si abbassa il livello dell'uscita, quest'ultima passa a un livello negativo e torna ad invertirsi la carica del condensatore e così via. L'uscita del secondo operazionale ha la medesima frequenza dell'onda triangolare, ma genera un'onda quadra che ha la sua ampiezza molto vicina alla tensione positiva e negativa di alimentazione.

Ha due uscite simultanee

La verifica

Questo circuito ha un funzionamento molto sicuro e non presenta problemi per il montaggio del circuito, è facile e basta sce-

Generatore di onda quadra e triangolare

COMPONENTI	
R1	15 K
R2	47 K
R3	270 Ω
P1	500 K
C1	100 nF
U1	LM324
ALTOPARLANTE	

Onda quadra.

Onda triangolare.

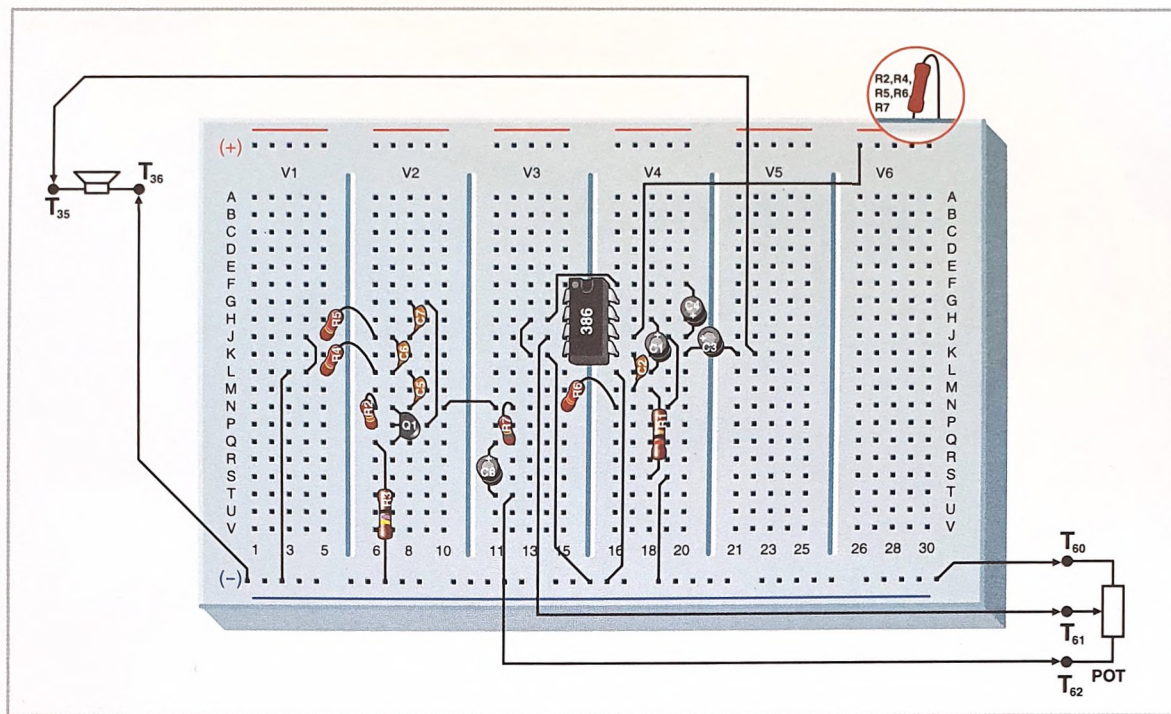
Generatore di onda quadra e triangolare.

gliere il componente raccomandato e collegarlo in modo adeguato.

Varianti

Con i due valori indicati nello schema e nella lista dei componenti si ottiene una frequenza minima di 13 Hz e una massima di 11 kHz, misurati nel nostro montaggio attraverso i due estremi del potenziometro, anche se questi valori possono variare a causa della tolleranza dei componenti. Si raccomanda di sostituire il condensatore con un altro da 47 nF, di modo che si otterrà approssimativamente il doppio della frequenza per la medesima posizione del potenziometro.

Generatore sinusoidale da 800 Hz

E' un generatore ideale per verificare apparecchiature audio.

Questo circuito è un oscillatore a spostamento di fase che utilizza un solo transistor. È uno schema molto particolare per oscillatori sinusoidali a bassa frequenza e si utilizza fino a circa 50 kHz al massimo. L'uscita è un tono quasi puro che ha una bassa distorsione per quanto semplice possa essere il circuito. Ha uno stadio amplificatore e l'uscita viene prelevata tra il negativo del condensatore C3 e il negativo dell'alimentazione (-).

Può pilotare direttamente un altoparlante o qualunque circuito audio.

Il circuito

Questo circuito inizia a funzionare quando incomicia a generare del rumore, e il segnale di uscita, presente sul collettore del transistor, si controalimenta attraverso la base dopo essere passato attraverso una rete sfasatrice formata da tre resistenze e da tre condensatori. In realtà, possiede tre stadi sfasatori, C5 e R4, C6 e R5 e C7 e la terza resistenza, che in realtà è l'impedenza d'entrata del transistor oppure detto altrimenti per gli esperti in materia, il parametro "hie". Questo circuito causa uno sfasamento di 180° esattamente alla frequenza di oscillazione. La resistenza R2 è la resistenza di polarizzazione della base, mentre R6 lo è del collettore e R7 attenua il segnale di uscita e C8 è per disaccoppiare la corrente continua per fare in modo che la polarizzazione del collettore non sia influenzata dalla resistenza R7 né dal potenziometro POT, né dalla tensione continua che è presente all'entrata dell'amplificatore operazionale.

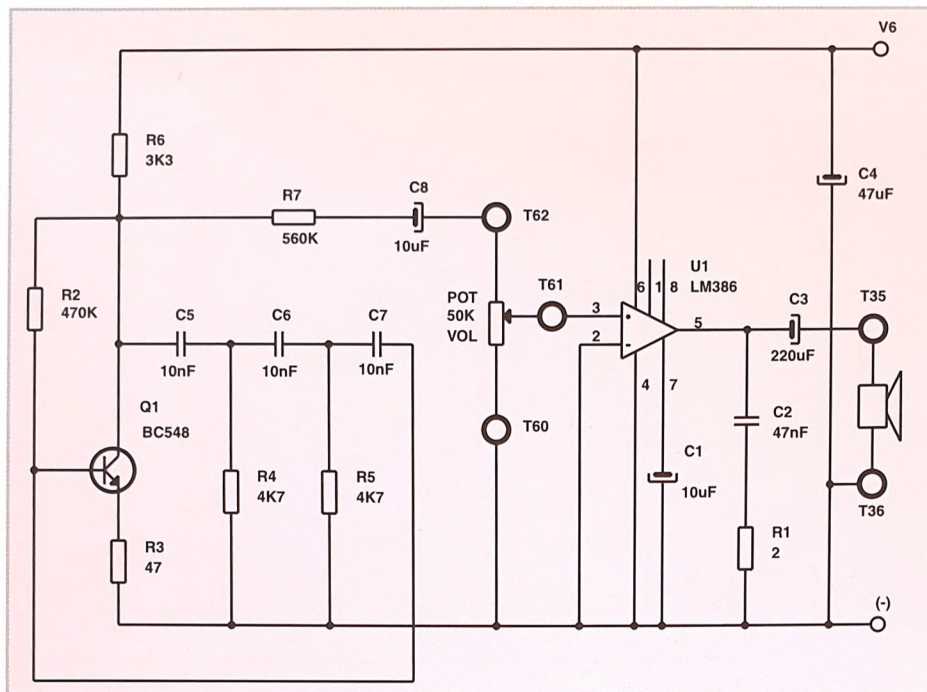
L'uscita è un tono puro

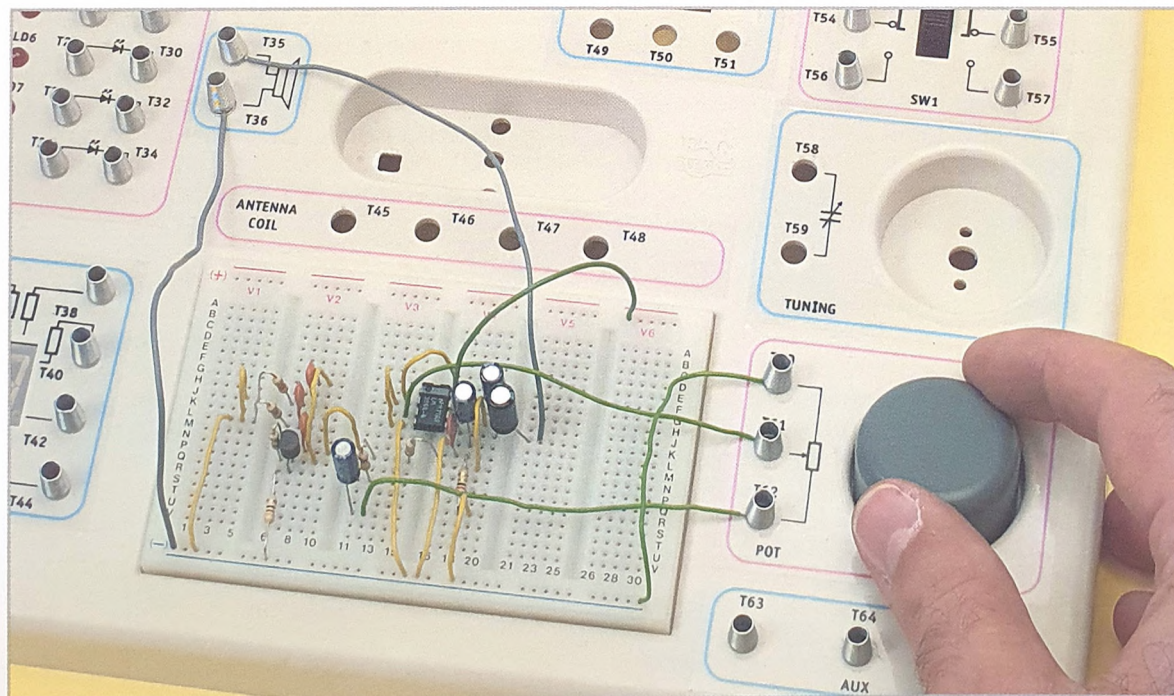
La verifica

Questo circuito deve funzionare immediatamente dal momento dell'accensione, ma il suo funzionamento dipende dal guadagno del transistor e può essere che sia così basso da impedirgli l'oscillazione, in questo caso si può ridurre il valore della resistenza R3 o anche eliminarsi se fosse necessario sostituendola con un ponte di filo.

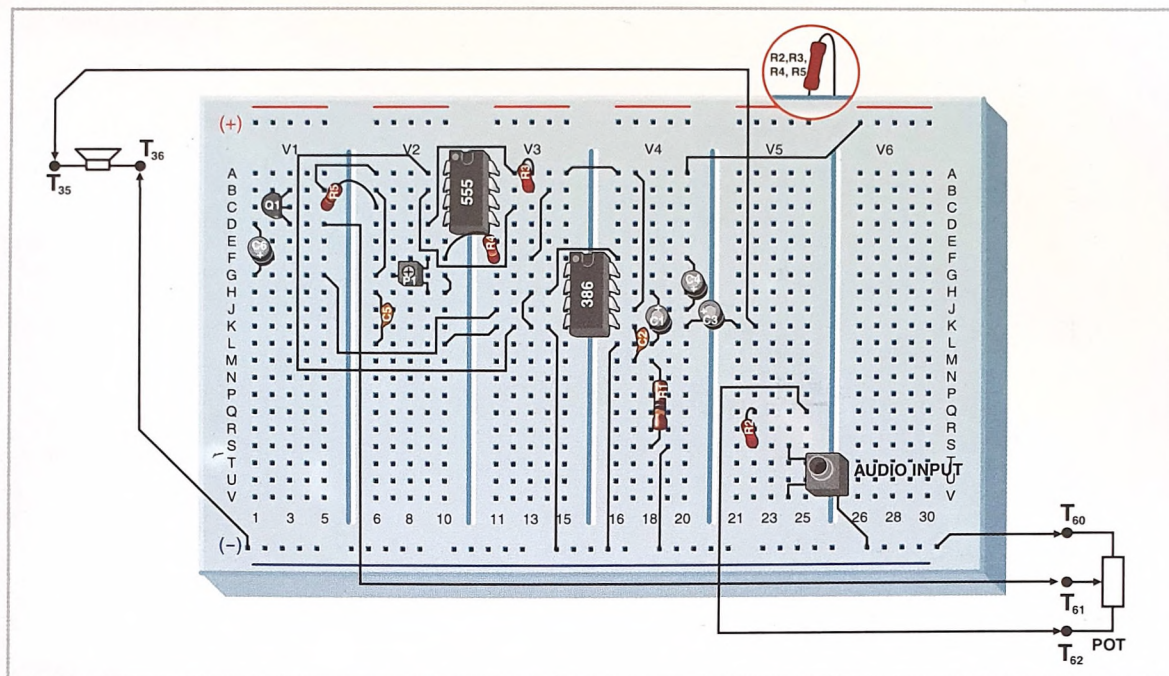
Varianti

Si possono ottener altre frequenze cambiando il valore delle resistenze e dei condensatori che for-

Generatore sinusoidale da 800 Hz

COMPONENTI	
R1	2Ω
R2	470 K
R3	47 Ω
R4, R5	4K7
R6	3K3
R7	560 K
C1	10 µF
C2	47 nF
C3	220 µF
C4	47 µF
C5, C6, C7	10 nF
Q1	BC548
U1	LM386
POT	
ALTOPARLANTE	

mano la rete di sfasamento, per esempio se si utilizzano condensatori da 100 nF si otterrà una frequenza di circa 80 Hz e se sono da 1 nF si otterranno circa 8 kHz. Queste frequenze possono variare leggermente a causa della tolleranza dei componenti.

Generatore di tono 800 Hz.

Divisore di frequenze audio

Per ottenere un suono particolare, si interdice periodicamente un segnale audio.

Questo esperimento consiste nel tagliare un segnale audio collegandolo periodicamente a massa attraverso un transistor che lavora in stato di commutazione. Il segnale, una volta spezzettato, viene inviato ad un amplificatore audio e da questo ad un altoparlante per darci modo così di verificare l'effetto sonoro raggiunto. Il circuito di cui stiamo parlando è generalmente conosciuto con il suo nome inglese "chopper", che ha il significato di "spezzettatore". L'effetto ottenuto dipende dal numero di "pezzi" che a loro volta dipendono da come viene regolato il potenziometro P1 che determina la frequenza di un oscillatore astabile.

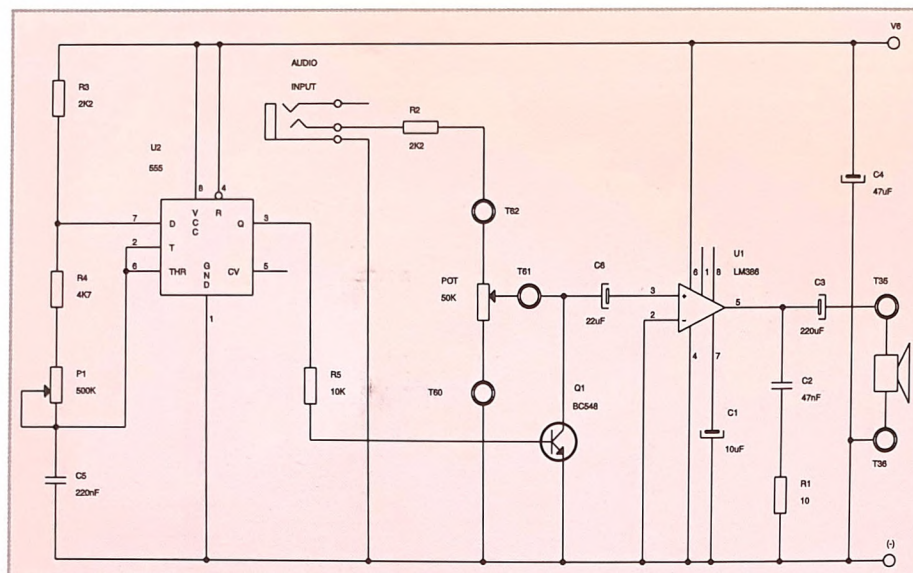
Funzionamento

Il circuito è composto da tre parti chiaramente differenti. Dell'oscillatore astabile 555 abbiamo già avuto modo di parlare, come anche dell'amplificatore audio. La parte nuova del circuito è il transistor Q1 che passa da uno stato di interdizione a quello di saturazione quando cambia di livello – da un livello basso ad un livello alto – la tensione, applicata alla sua base, proviene dall'uscita dell'astabile. Passa, invece, dallo stato di saturazione a quello di interdizione quando il livello dell'oscillatore cessa di essere alto per ritornare al livello basso. Quando questo transistor è saturato, il segnale audio che arriva all'amplificatore è praticamente nullo.

È un circuito chopper

Il circuito

L'oscillatore astabile realizzato con il 555 ha un margine di variazione di frequenza molto ampio. Lo regoliamo mediante il potenziometro P1 da 500K, così da poter dare differenti effetti al segnale audio. La sua uscita viene applicata alla base del transistor Q1; per controllarne lo stato di conduzione, lo facciamo lavorare come se fosse un interruttore: tra stato di interdizione e stato di saturazione. Quando l'uscita dell'oscillatore è a livello basso, il transistor è interdetto, per cui tra collettore/emettitore c'è un'impedenza elevatissima e il segnale audio passa all'amplificatore audio. Invece, se l'uscita dell'oscillatore è a livello alto, il transistor si satura per cui tra collettore/emettitore si verifica quasi un cortocircuito. In questo caso, tutto il segnale che dovrebbe passare all'amplificatore viene deviato verso massa e, quindi, alla sua uscita non avremo nessun segnale. Verranno amplificati, pertanto, solamente i "pezzi" del segnale audio che

Divisore di frequenze audio

COMPONENTI	
R1	10 Ω
R2, R3	2K2
R4	4K7
R5	10 K
P1	500 K
C1	10 µF
C2	47 nF
C3	220 µF
C4	47 µF
C5	220 µF
C6	22 µF
Q1	BC548
U1	LM386
U2	555
ALTOPARLANTE	
JACK	

arrivano all'entrata dell'amplificatore. Quanto maggiore sarà la frequenza, tanti più "pezzi" del segnale audio passeranno, ma saranno sempre più piccoli. È importantissimo non dimenticarci di collegare la resistenza R2 che, se vogliamo, può anche avere un valore maggiore, ma in nessun caso minore, perché limita la corrente che circola attraverso il transistor e potrebbe succedere che, col volume al massimo e senza la suddetta resistenza, l'entrata audio si potrebbe collegare alla massa.

Avviamento

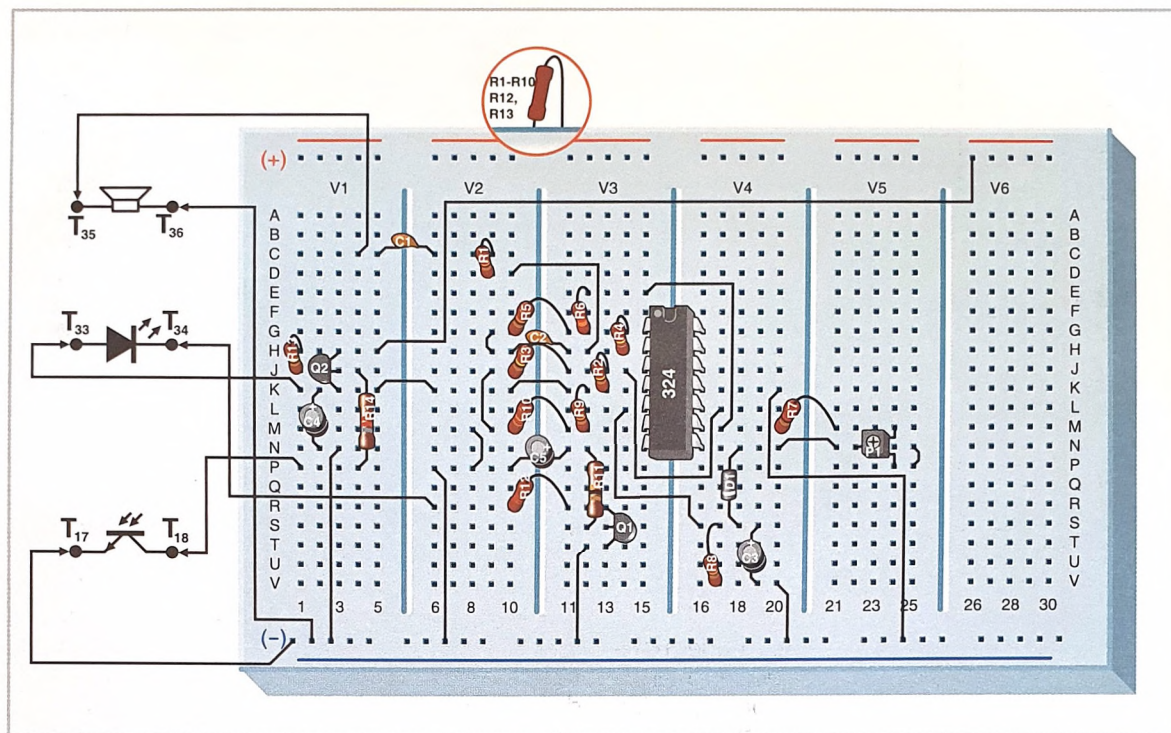
Il segnale d'entrata audio può essere preso dall'uscita audio di un qualunque apparecchio, AUDIO OUT, o anche dalla presa per gli auricolari di un qualsiasi walkman. Se, avviandolo, osservassimo che non funziona correttamente, dopo aver cambiato P1, dovremo scollegare l'alimentazione e verificare la polarità dei condensatori elettrolitici, nonché il transistor Q1 e l'alimentazione degli integrati.

Agendo su P1, otteniamo diversi effetti.

Esperimento

È interessante cambiare il valore della resistenza della base, aumentandolo; possiamo provare con 220K e 560K. Con ciò, facciamo lavorare il transistor in zona attiva, in maniera da osservarne la differenza rispetto alla zona di saturazione. Si raccomanda anche di cambiare leggermente il valore di C5. Si ottiene un altro curioso effetto quando cambiamo il valore del condensatore C5 abbassandolo di molto fino, per esempio, a 10 o 22 µF: il suono diventa sempre più metallico perché le frequenze più basse vengono tagliate.

Rilevatore acustico diurno

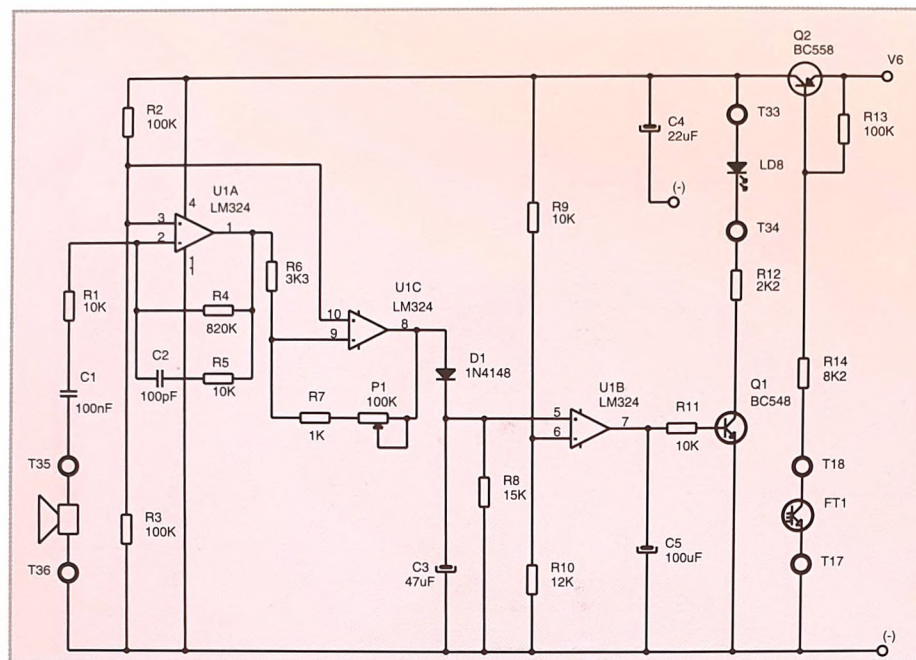
Quando è illuminato rileva i suoni.

Questo circuito come microfono utilizza un altoparlante. Capta il suono, lo amplifica e lo invia al rilevatore di livello, che, accendendo un diodo LED, indica di avere rilevato il suono. Tutti questi circuiti, però, ricevono l'alimentazione solamente quando sul fototransistor incide un livello di luce sufficiente a farlo entrare in conduzione e a polarizzare, a sua volta, il transistor Q2.

L'obiettivo è di realizzare un rilevatore vocale; dato che la voce umana ha dei registri di frequenza abbastanza bassi, nasce la necessità di interporre un filtro passa basso per migliorare la risposta del circuito alle basse frequenze.

Il circuito

Il circuito ha diverse funzioni: filtraggio, amplificazione, adattamento del livello e indicatore e controllo dell'alimentazione. L'altoparlante viene utilizzato come captatore del suono cioè come microfono. Il segnale che ne risulta viene applicato ad un preamplificatore invertente, realizzato con l'amplificatore operazionale U1A, in serie con la resistenza di controreazione R4 che è collegata a una rete RC, a C2 e R5 per limitare la risposta in frequenza del preamplificatore; la qual cosa lo converte in un filtro passa basso con profitto. Senza questo circuito addizionale, il guadagno del preamplificatore, sarebbe di 2, ad eccezione delle frequenze superiori ai 2 kHz a partire dalle quali scende rapidamente e va attenuandosi sempre più quanto più aumenta la frequenza. Il secondo stadio è un amplificatore di controllo del profitto grazie al potenziometro P1. Quest'ultimo può variare la sensibilità del circuito in modo tale che, se ne aumentiamo il valore, il guadagno sarà maggiore e, quindi, sarà in grado di rilevare suoni di minore intensità. Il segnale captato, dopo essere stato amplificato, viene rettificato e viene utilizzato per caricare il condensatore C3, quando il livello di tensione all'entrata del terminale non invertente del comparatore supera il livello di tensione del terminale invertente, terminale 6 di U1B, l'uscita del comparatore passa a livello alto, il transistor Q1 conduce e il LED LD8 si illumina. I condensatori C3 e C5 ritardano la risposta del circuito e fanno sì che non amplifichi rumori di brevissima durata.

Risposta migliorata alla voce

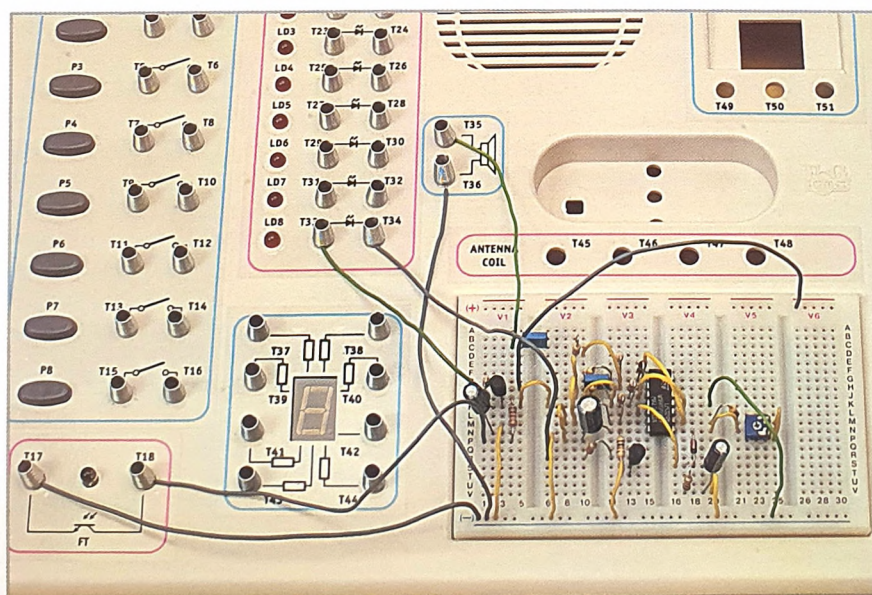
Rilevatore acustico diurno

COMPONENTI	
R1, R5, R9, R11	10 K
R2, R3, R13	100 K
R4	820 K
R6	3K3
R7	1K
R8	15 K
R10	12 K
R12	2K2
R14	8K2
P1	100 K
C1	100 nF
C2	100 pF
C3	47 µF
C4	22 µF
C5	100 µF
D1	1N4148
U1	LM324
Q1	BC548
Q2	BC558
FT1	
LD8	
ALTOPARLANTE	

Alimentazione

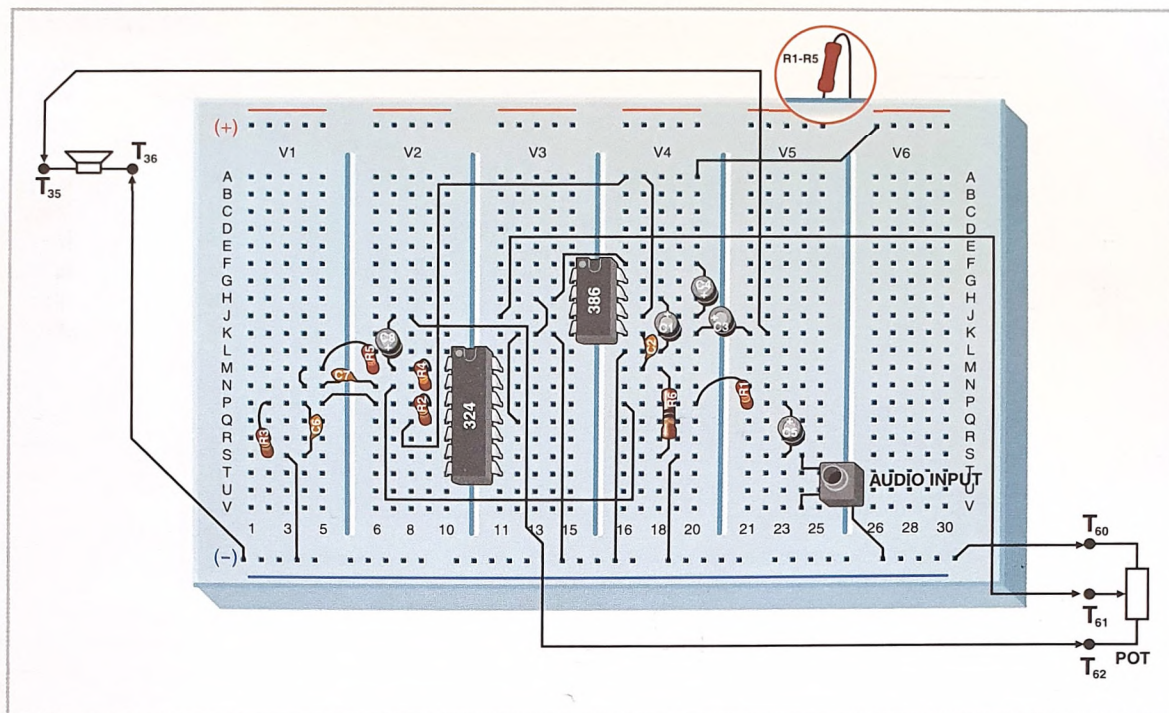
Per alimentare il circuito a partire da V6, è necessario che nella sua area ci sia abbastanza intensità luminosa, è stato infatti utilizzato un interruttore elettronico controllato dalla luce. Questo circuito è costituito da un fototransistor, che controlla la corrente della base del transistor Q2, ed è il vero interruttore dell'alimentazione.

Avviamento

Il circuito, una volta che sia stato collegato all'alimentazione e una volta che un fascio di luce di sufficiente intensità incida su FT1, se parliamo nelle vicinanze dell'altoparlante, dovrebbe funzionare. Se il diodo LED non dovesse illuminarsi, dovremo aumentare il valore di P1 e continuare a parlare. Se non dovesse funzionare, anche con P1 regolato al suo massimo valore, dovremo scollegare l'alimentazione e verificare nuovamente tutte le connessioni del circuito.

L'effetto del fototransistor viene annullato unendo tra loro i terminali T17 e T18: così il circuito funziona permanentemente.

Quando è illuminato, il circuito rileva il suono.

Preamplificatore audio con taglio degli acuti

Amplifica il segnale audio e taglia le frequenze più acute.

Questo preamplificatore è stato progettato per lavorare nella banda audio, ha un guadagno di 7 per le basse frequenze e una limitazione di guadagno per le frequenze elevate. La limitazione di guadagno viene ottenuta grazie a una rete RC, collegata in parallelo con la resistenza di controreazione R4 e formata dal condensatore C7 e dalla resistenza R5. Con i valori indicati, il circuito inizia a tagliare le frequenze a partire dai 5 kHz. In questo montaggio viene utilizzato insieme all'amplificatore audio: è una delle applicazioni più comuni.

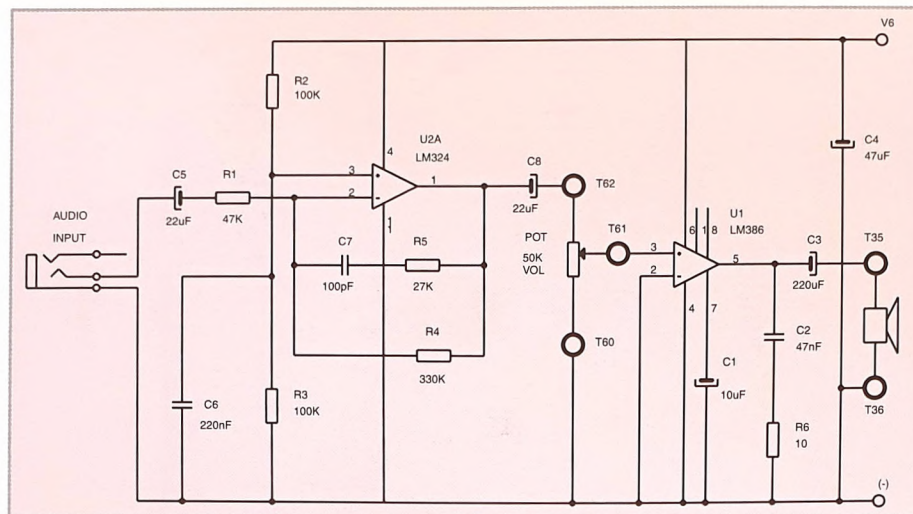
Il circuito

Il circuito è un amplificatore non invertente realizzato con un amplificatore operazionale, che avendo una rete di controalimentazione con un condensatore, si adatta alla funzione di filtro passa basso di primo ordine, con una frequenza di taglio di circa 5 kHz. Il guadagno del preamplificatore, per frequenze inferiori alla frequenza di taglio, possiamo ottenerlo dividendo il valore della resistenza R4 per quello della resistenza R1: in questo caso abbiamo un guadagno di 7. Le resistenze R2 e R3 e il condensatore C6, vengono utilizzati per raggiungere una tensione che sia la metà dell'alimentazione all'entrata non invertente dell'amplificatore operazionale: possiamo, così, alimentare il preamplificatore con una tensione simmetrica, vale a dire con un'unica fonte di alimentazione. Con questo tipo di polarizzazione, alle entrate e alle uscite appare una tensione continua, che possiamo eliminare interponendo nel passaggio dei segnali due condensatori di disaccoppiamento, rispettivamente C5 e C8, uno all'entrata e l'altro all'uscita.

Avviamento

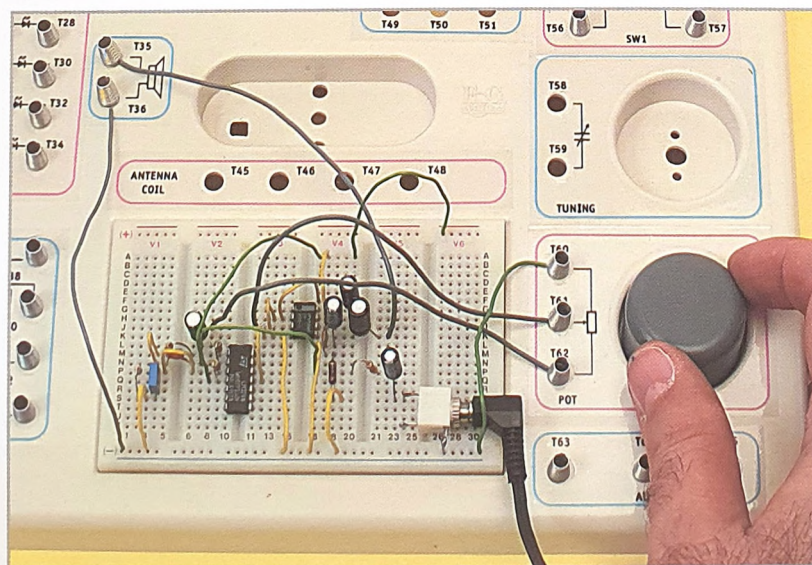
Il circuito non ha bisogno di essere regolato, ma per farlo funzionare correttamente dobbiamo tenere conto di diversi fattori. Questo circuito può essere alimentato con qualsiasi tensione continua compresa tra i 6 e i 9 Volt; la differenza consiste nel fatto che grazie a quest'ultima, possiamo raggiungere una maggiore potenza di uscita audio. Applichiamo all'entrata una fonte di segnale, prendendola preferibilmente da una linea di uscita di qualche apparecchiatura, per esempio da un lettore di musicassette o di CD, da un ricevitore radio o TV. Normalmente, le uscite

Frequenza di taglio a 5 kHz

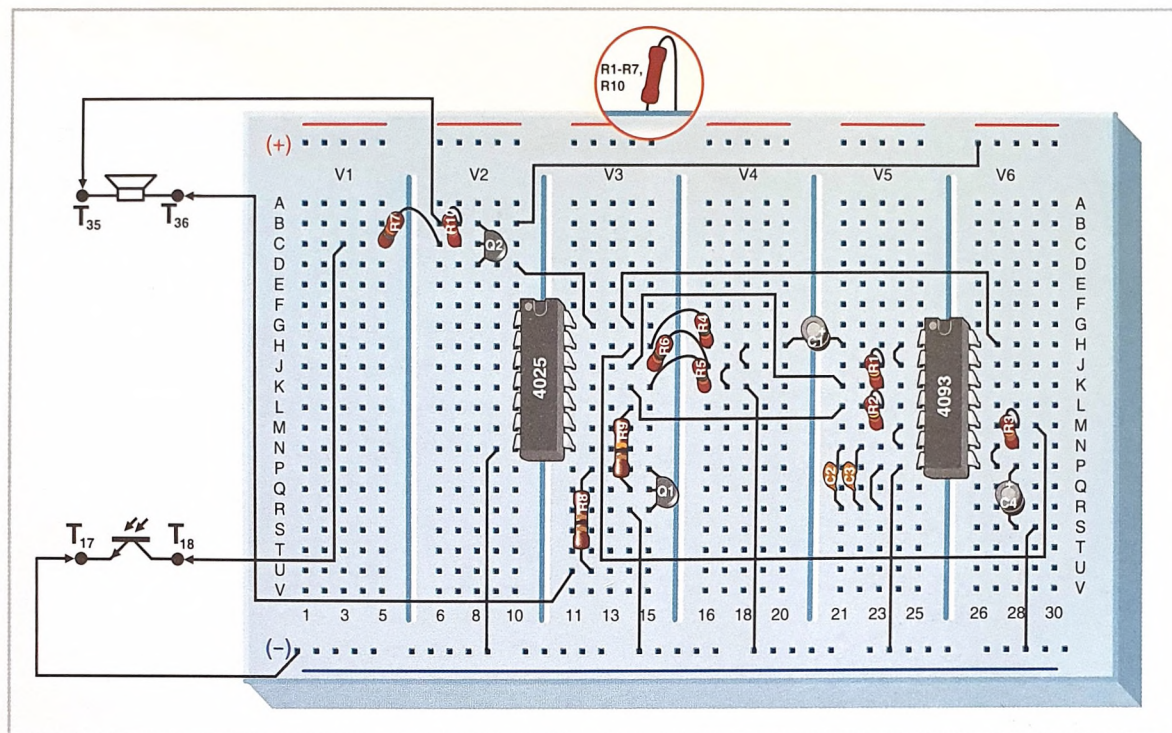
Preamplificatore audio con taglio degli acuti

COMPONENTI	
R1	47 K
R2, R3	100 K
R4	330 K
R5	27 K
R6	10 Ω
C1	10 mF
C2	47 nF
C3	220 µF
C4	47 µF
C5	22 µF
C6	220nF
C7	100 pF
C8	22 µF
U1	LM386
U2	LM324
JACK	
POTENZIOMETRO	
ALTOPARLANTE	

audio sono contrassegnate dalle parole AUDIO OUT; se non disponessimo di nessuno di questi segnali, potremmo utilizzare l'uscita degli auricolari di un piccolo walkman o di un ricevitore radio, con il volume abbastanza basso. In qualsiasi caso, la connessione tra questo apparecchio e il jack d'entrata al nostro circuito, situato, per evitare interferenze, nella piastra dei prototipi del laboratorio, verrà realizzata con un cavo schermato. Se questo segnale avesse un livello superiore a circa 200 mV efficaci, il circuito distorcerà, perché è stato pensato per amplificare segnali debolissimi; se ciò dovesse succedere, possiamo diminuire il guadagno del circuito aumentando la resistenza R1 a 100K, a 270K eccetera. Una volta che il circuito funzioni, è facilissimo verificare l'effetto del filtraggio, eliminando la rete di controreazione; togliendo, per esempio, il condensatore C7, potremo sentire meglio le frequenze più acute.

Esperimento 2

Il circuito ha una limitazione a 5 kHz per favorire l'ascolto dei segnali parlati: esso penalizza le frequenze più acute della banda audio. E' molto utilizzato nei preamplificatori audio; un amplificatore amplifica solamente i segnali della banda audio perché non interessa a nessuno amplificare i segnali delle frequenze superiori che, per un motivo o per l'altro, possono arrivare all'entrata dell'amplificatore. Perché possa passare una banda maggiore, viene diminuita la capacità del condensatore C7: con circa 22 pF riesce a passare la quasi totalità della banda audio; con 47 pF si limita a circa 10 kHz e si riesce a far passare una notevole quantità di acuti udibili. Per accentuare l'effetto, possiamo fare degli esperimenti anche con un condensatore da 220 pF: potremo osservare un taglio fortissimo dei toni acuti.

Amplificatore con preamplificatore e taglio degli acuti all'entrata.

Grillo elettronico

Utilizzando tre diverse frequenze riusciamo ad imitare il canto del grillo.

Abbiamo voluto che il suono fosse il più possibile simile al canto di un grillo. Per questa ragione abbiamo introdotto un circuito di controllo per la luce: il montaggio, così, inizia a funzionare quando viene a mancare l'illuminazione.

Il circuito

Il circuito è costituito da tre oscillatori montati con delle porte Trigger Schmitt; la loro frequenza di uscita corrisponde alla formula: f = 1/(0,8 x R x C). Le uscite dei tre oscillatori astabili vanno applicate alle tre entrate di una porta NOR, 4025, mediante la resistenza da 1MΩ in maniera tale da non caricare le entrate della porta. L'uscita della suddetta porta viene applicata alla base del transistor Q1, così dall'altoparlante collegato al suo circuito del collettore riusciamo a sentire il suono che corrisponde alle frequenze applicate alla base. Il circuito montato con il fotodiodo e il transistor Q2 non è realmente un interruttore dato che il transistor non lavora né in stato di saturazione né in stato di interdizione. Il transistor, infatti, può lavorare anche trovandosi in zona attiva. Si tratta di un circuito che eroga sempre più tensione mano a mano che il buio aumenta. In questo modo, e a causa del fatto che le porte CMOS iniziano a funzionare a partire da una tensione di 5Volt, quando il livello della luce si abbassa, il fototransistor da saturo (con molta luce diurna), inizia a condurre di meno e fa entrare in conduzione Q2 il quale fornirà sempre maggior tensione al circuito man mano che aumenta l'oscurità: così, aumenterà anche l'intensità del suono.

Funziona quando manca la luce

Funzionamento

I tre oscillatori, costruiti con le porte NAND U1A, U1B e U1C, oscillano rispettivamente a frequenze di 2,65, 3.788 e 56.818 Hz. L'uscita della porta NOR sarà sempre a livello basso e cambierà unicamente quando i tre segnali ad onda quadra degli oscillatori coincidono a livello basso. Perciò, l'uscita non è uniforme ed eroga un segnale con differenti frequenze: ciò produrrà un suono particolarissimo simile al canto del grillo. In piena luce diurna (o luce artificiale), il circuito non funziona perché Q2 conduce pochissimo e il circuito

Grillo elettronico

COMPONENTI	
R1, R2	100 K
R3	18 K
R4, R5, R6	1M
R7	5K6
R8	100
R9	10 K
R10	270 K
C1	4,7 µF
C2	1 nF
C3	2,2 nF
C4	2,2 µF
Q1	BC548
Q2	BC338
U1	4093
U2	4025
ALTOPARLANTE	
FT1	

riceve a malapena alimentazione. Man mano che diminuisce il livello di luce, Q2 conduce e la tensione dell'alimentazione aumenta. Quando raggiunge circa 5 Volt, il circuito inizia a funzionare emettendo un suono simile al canto del grillo, suono che capita raramente di ascoltare. Quando è completamente buio (quando cioè il fototransistor non riceve luce), Q2 condurrà al massimo e il circuito avrà come tensione di alimentazione quasi 6 Volt; l'uscita, quindi, fornirà all'altoparlante il suo massimo livello sonoro.

Avviamento

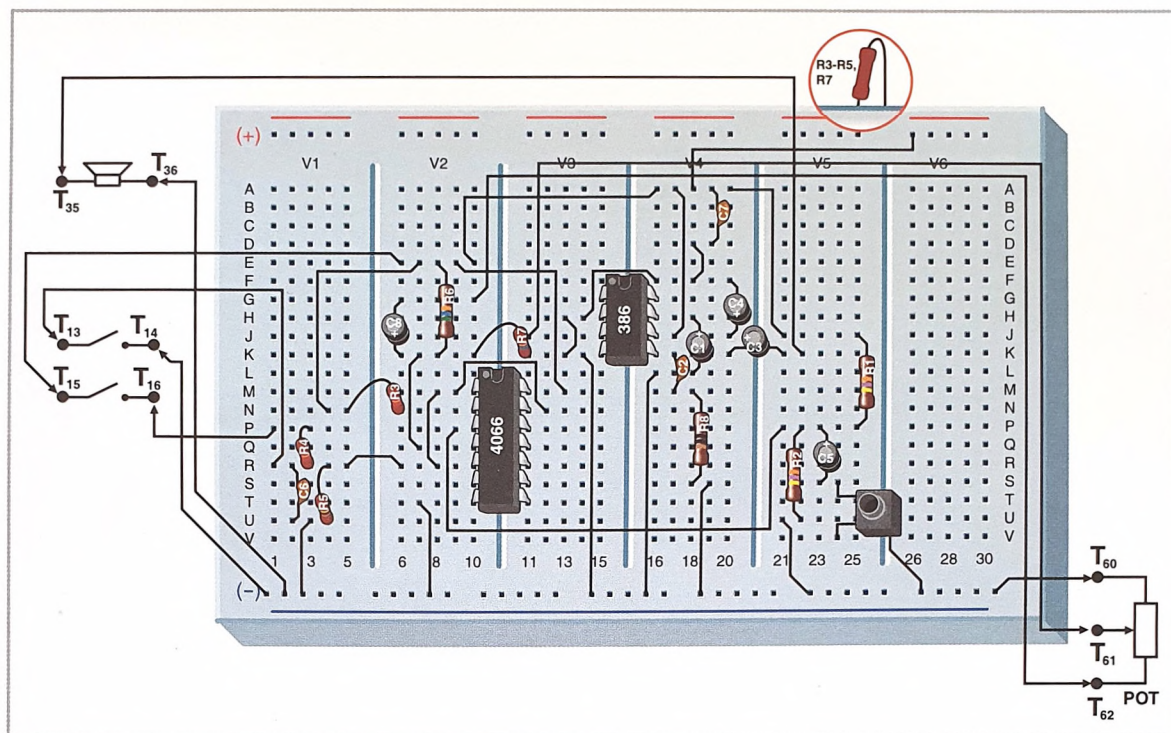
Una volta alimentato il circuito, se la luce cessa di illuminare FT1, il circuito deve emettere il caratteristico canto del grillo. Se non dovesse succedere, si dovrà scollegare l'alimentazione e si dovrà verificare la polarità dei transistor Q1 e Q2, oltre a quella del fototransistor. Se non si trovasse nessun problema, si verificherà l'alimentazione degli integrati e del condensatore C1.

Se la luce non colpisce FT1, il circuito funzionerà al massimo livello di uscita.

Esperimento

Dato che sappiamo quale è la formula che ci dà la frequenza di uscita, possiamo cambiare, ma di poco, il valore dei componenti costituenti gli oscillatori per modificare così il livello del suono.

Interruttore audio

È un interruttore elettronico dotato di memoria.

Questo esperimento consiste nella realizzazione di un interruttore che viene posto nella posizione "aperto" utilizzando un pulsante e nella posizione "chiuso" utilizzandone un altro. All'uscita viene accoppiato un amplificatore che ne verifica il funzionamento. Esso elimina i problemi che possono verificarsi nella commutazione meccanica dei contatti dell'elemento meccanico.

Il 4066

Questo integrato contiene quattro interruttori controllati digitalmente. Ciascuno di essi ha tre terminali: A, B e C. Il terminale C è quello che realizza il controllo dell'interruttore vero e proprio: se è a livello basso, tra A e B ci sarà un circuito aperto. Invece, se all'entrata C si applica un livello alto, A e B sono collegati internamente.

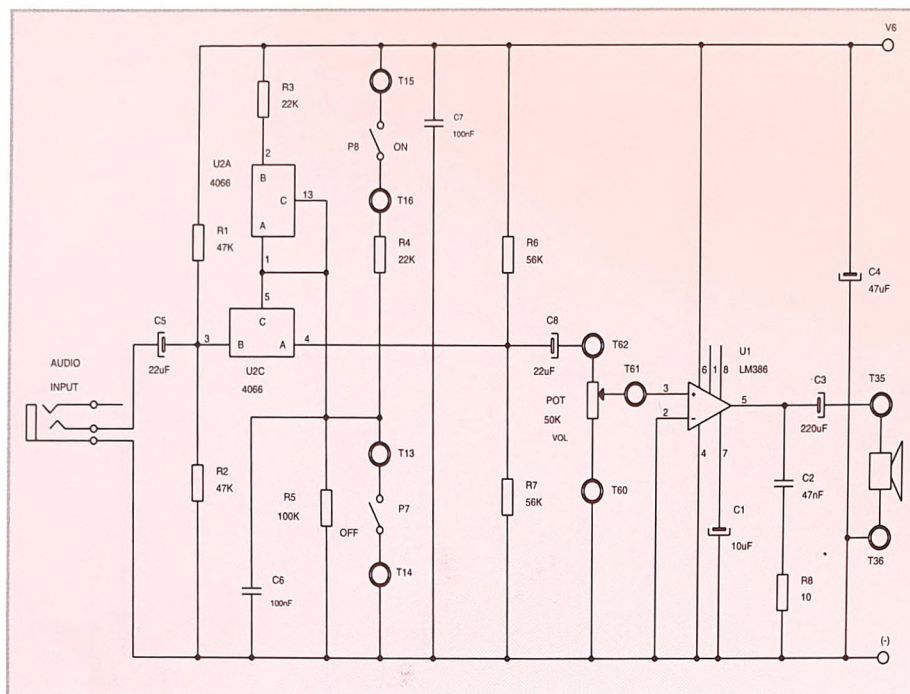
Il circuito

Il circuito riceve il segnale audio d'entrata da un connettore tipo jack. Il segnale audio passa attraverso il condensatore C5; in questo modo si evita che la corrente continua esca dal circuito per poi rientrarvi e viceversa. Mediante le resistenze R1 e R2, si forma un partitore che applica una tensione continua alla porzione di U2C prelevandola da V6. In stato di riposo, l'interruttore U2C è aperto, per cui all'entrata dell'amplificatore U1 non avremo nessun segnale audio e, quindi, non sentiremo niente. Azionando il pulsante ON, P8, attiviamo i due interruttori U2A e U2C, mentre lasciando andare U2A, esso rimane autoalimentato, perché la sua uscita è collegata all'entrata di controllo. In questo modo, U2C viene attivato da U2A e il segnale d'entrata passa direttamente all'amplificatore U1, connesso con il vicino LM386. Il circuito rimane in questo stato fin quando non viene azionato il pulsante OFF, P7. Azionando quest'ultimo pulsante, verranno collegate le entrate di controllo degli interruttori a livello basso, per cui se le entrate saranno aperte, come diretta conseguenza di questa operazione, all'entrata dell'amplificatore U1 non arriverà il segnale audio.

Utilizza il 4066

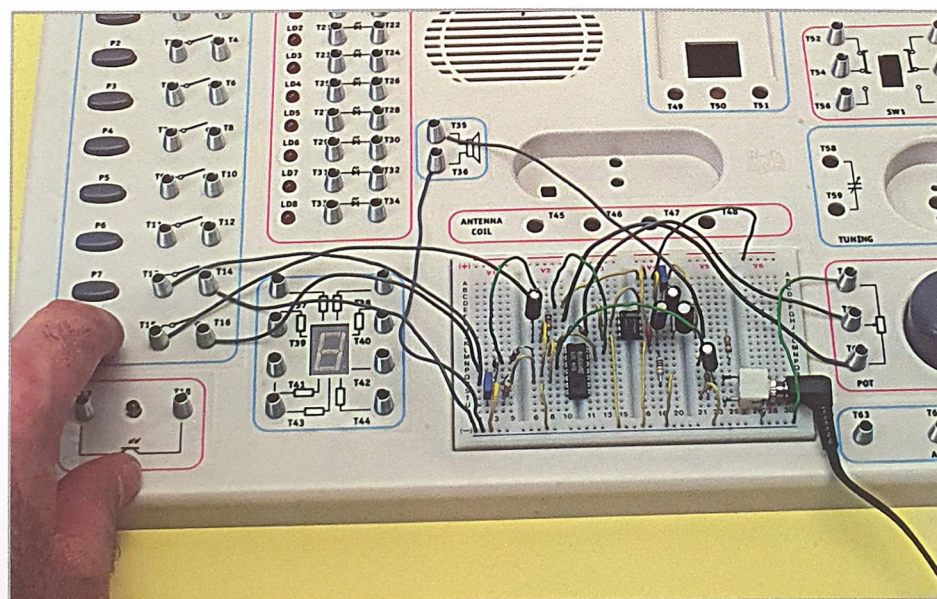
Funzionamento

In stato di riposo, il circuito audio è interdetto. Se azioniamo il pulsante ON, P8, colleghiamo e manteniamo

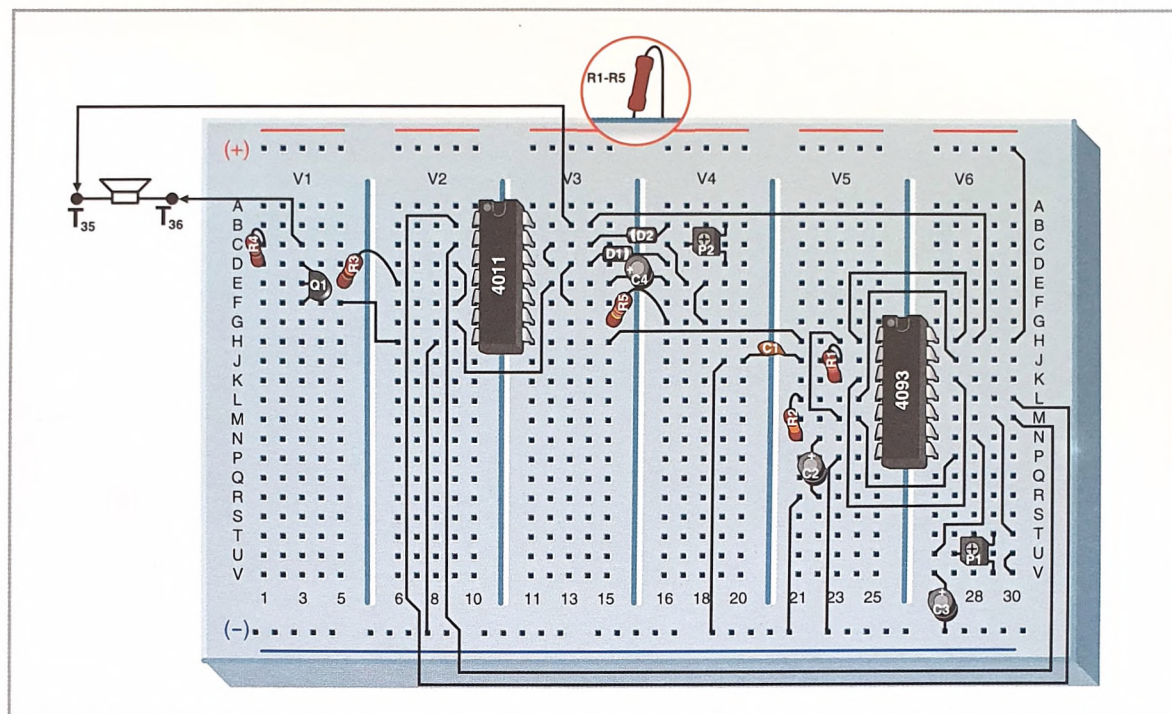
Interruttore audio

COMPONENTI	
R1, R2	47 K
R3, R4	22 K
R5	100 K
R6, R7	56 K
R8	10 Ω
C1	10 µF
C2	47 nF
C3	220 µF
C4	47 µF
C5, C8	22 µF
C6, C7	100 nF
U1	LM386
U2	4066
JACK	
ALTOPARLANTE	
POT	
P7 e P8	

attiva l'entrata all'amplificatore audio U1. Tutto ciò è dovuto alla funzione di memoria che nel circuito viene supportata dalla porta U2A. Se, adesso, azioniamo il pulsante OFF, P7, il segnale d'entrata viene scollegato dall'uscita perché si apre la porta che fa veramente da interruttore, cioè U2C.

Messa in funzione

Dobbiamo portare a termine due operazioni preliminari prima di avviare il circuito. Innanzitutto, è necessaria la verifica dell'alimentazione degli integrati e della polarità dei condensatori elettrolitici; poi, vanno rivedute le connessioni dei segnali negli interruttori U2A e U2C; il resto del circuito, infatti, è semplicemente un insieme di connessioni di componenti passivi. Non dobbiamo dimenticarci di collegare l'alimentazione del circuito integrato 4066: il piedino 14 corrisponde al positivo e va collegato a V6, mentre il piedino 7 corrisponde al negativo.

I pulsanti P8, ON, e P7, OFF, attivano e disattivano il segnale audio.

Cicala elettronica

Una combinazione di quattro diverse frequenze imiterà il canto della cicala.

Il circuito possiede due frequenze base che generano un suono simile al canto della cicala. Il suono viene emesso per un lasso di tempo che possiamo prefissare mediante un potenziometro.

Il circuito

Il circuito è composto da tre oscillatori montati con porte Schmitt, 4093, aventi una frequenza di uscita la cui formula è: f = 1/(0,8 x R x C). L'oscillatore montato sulla porta U1A genera nella porta U1D una frequenza di circa 3 KHz, che viene modulata mediante il segnale della porta U1B, di circa 32 Hz. Il segnale risultante viene interdetto dal segnale dell'oscillatore U1C, di cui possiamo fissare la frequenza – tra circa 6 Hz e 200 Hz – con il potenziometro P1. Il segnale in uscita risultante apparirà sulla porta U2A e verrà trasferito alla porta U2B. All'altra entrata di questa porta, sul terminale 6, viene applicato il segnale proveniente dall'oscillatore costituito dalle porte U2C e U2D. Questo oscillatore ha una particolarità: possiamo regolare la frequenza del ciclo di lavoro del segnale di uscita con il potenziometro POT. Possiamo, così, stabilire la durata delle pause nel suono. Il segnale di uscita, terminale 4 di U2B, viene applicato alla base del transistor Q1, che lo amplificherà e lo trasmetterà all'altoparlante.

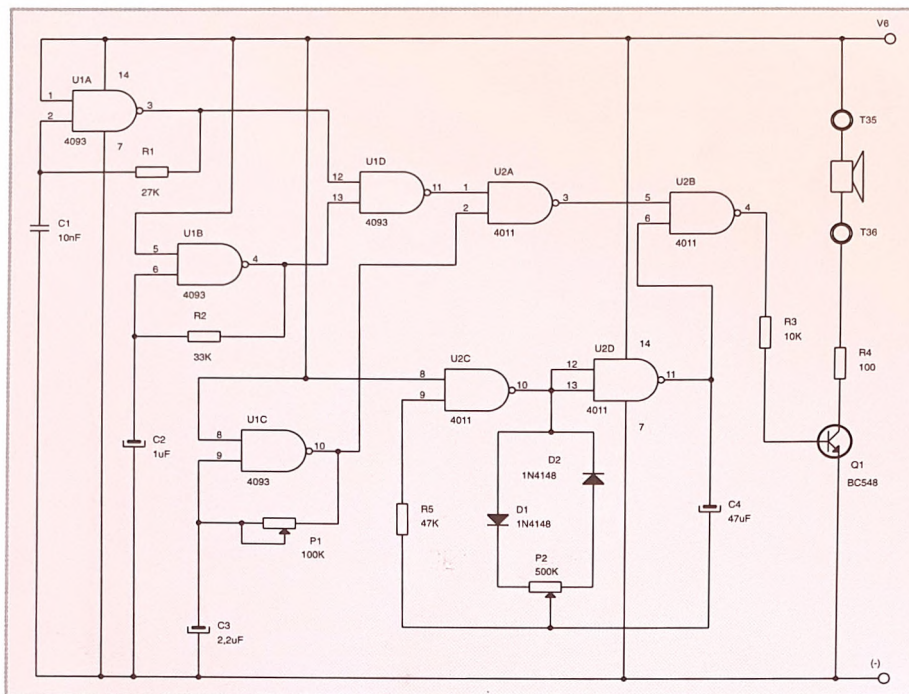
Funzionamento

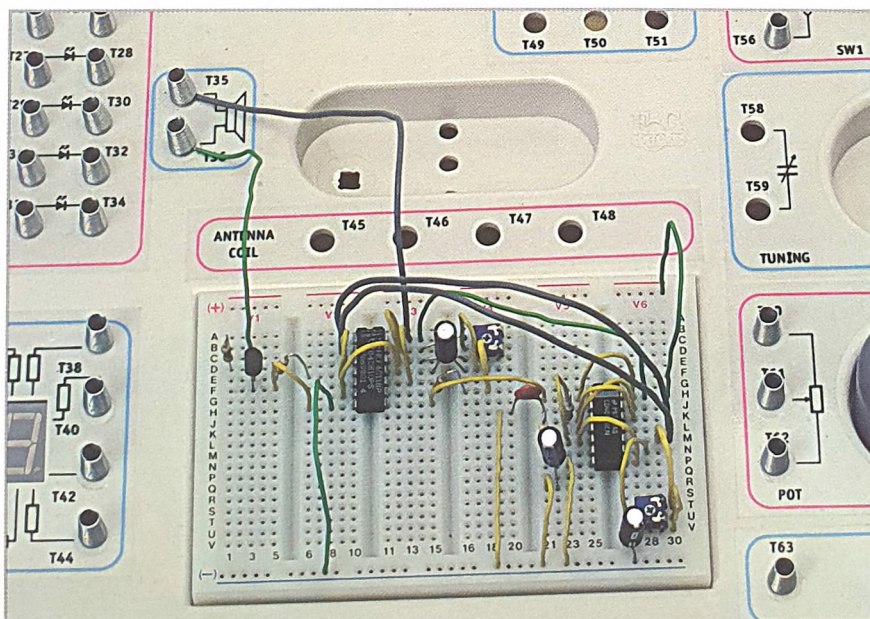
Il circuito produce il suono a partire dalle tre frequenze generate dalle porte U1A, B e C. Il suono di uscita risulta a tratti interrotto, così da assomigliare, all'uscita, al canto di una cicala. Il circuito è dotato di due regolazioni, una per il "canto"vero e proprio della cicala, che effettuiamo mediante il potenziometro P1, e l'altra per stabilirne le pause, che possiamo variare con il potenziometro P2.

Messa in funzione

Dobbiamo semplicemente collegare l'alimentazione e aspettare un po' prima che si produca il primo "canto" della cicala; infatti, dipendendo dal valore a cui è P2, può essere che l'oscillatore si trovi a livello basso e si verifichi una pausa più o meno lunga, ma dopo pochissimo tempo, al massimo alcuni secondi, si deve poter sentire il "canto" in modo intermittente. Se lo udiamo in maniera

Il suono è intermittente

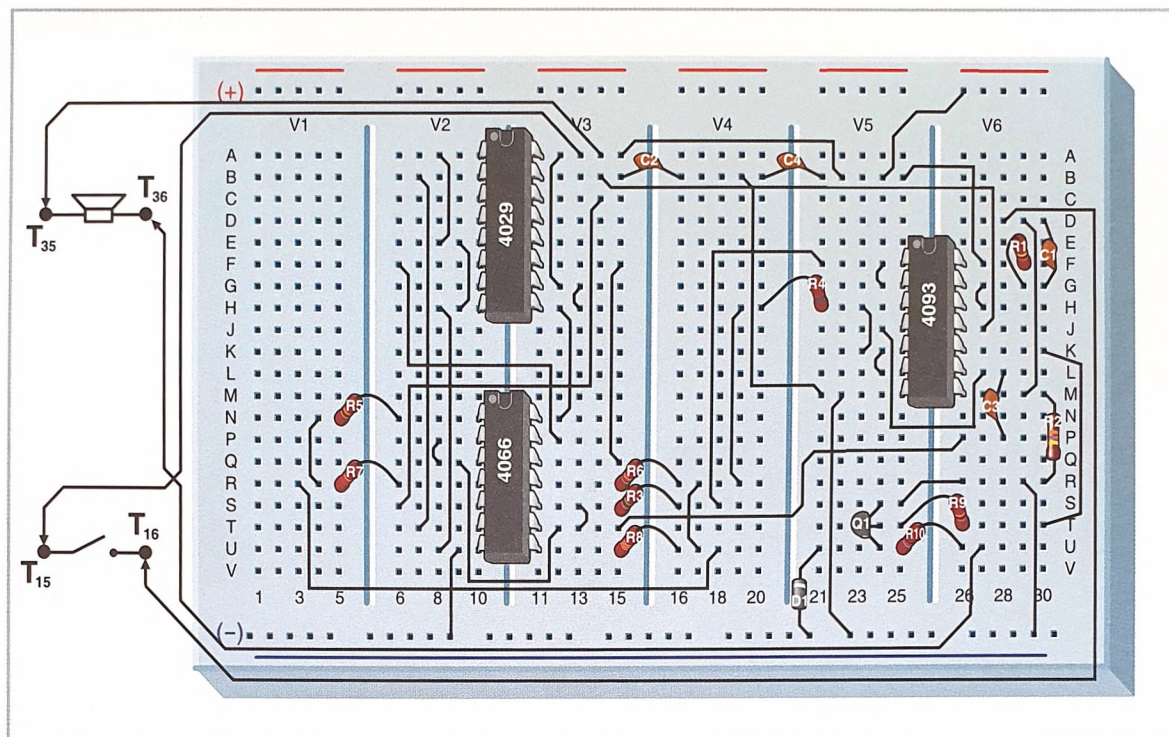
Cicala elettronica

COMPONENTI	
R1	27 K
R2	33 K
R3	10 K
R4	100 Ω
R5	47 K
P1	100 K
P2	500 K
C1	10 nF
C2	1 µF
C3	2,2 µF
C4	47 µF
D1, D2	1N4148
Q1	BC548
U1	4093
U2	4011
ALTOPARLANTE	

continuativa, ciò è dovuto al fatto che l'oscillatore a due porte ha la propria uscita, per quasi tutto il tempo, posta a livello alto. Per ovviare a questo problema, basta agire su P2. Dovremo fare la medesima cosa se il "canto" è appena udibile oppure se tra le due pause – anche dopo aver azionato P2 – passa troppo tempo. Se non dovessimo sentire niente, dovremo verificare la polarità dei condensatori elettrolitici, oltre a quella dei diodi e dei transistor e assicurarci di aver ben collegato i circuiti integrati e l'alimentazione.

Il suono è discontinuo. Regoliamo questa intermittenza con P2.

Esperimento

Se vogliamo aumentare il periodo di tempo che intercorre tra due pause, dobbiamo aumentare il valore del condensatore C4. Se vogliamo ascoltare meglio il suono, possiamo abbassare un poco la resistenza della base R3, cosicché aumenti la corrente della base e, quindi, quella del collettore di Q1. Possiamo riuscire ad ottenere vari suoni, anche se quelli che riescono meglio sono il canto del grillo e quello della cicala.

Campanello multitono

A ogni impulso, il suono del campanello cambierà.

Il circuito è, in pratica, un campanello con un unico pulsante, ma ogni volta che lo si aziona, si ottiene all'uscita un suono di diversa frequenza. Possiamo ottenere fino a 15 suoni differenti; in più, abbiamo una posizione senza suono, che, nel conteggio del contatore, corrisponde a 0000.

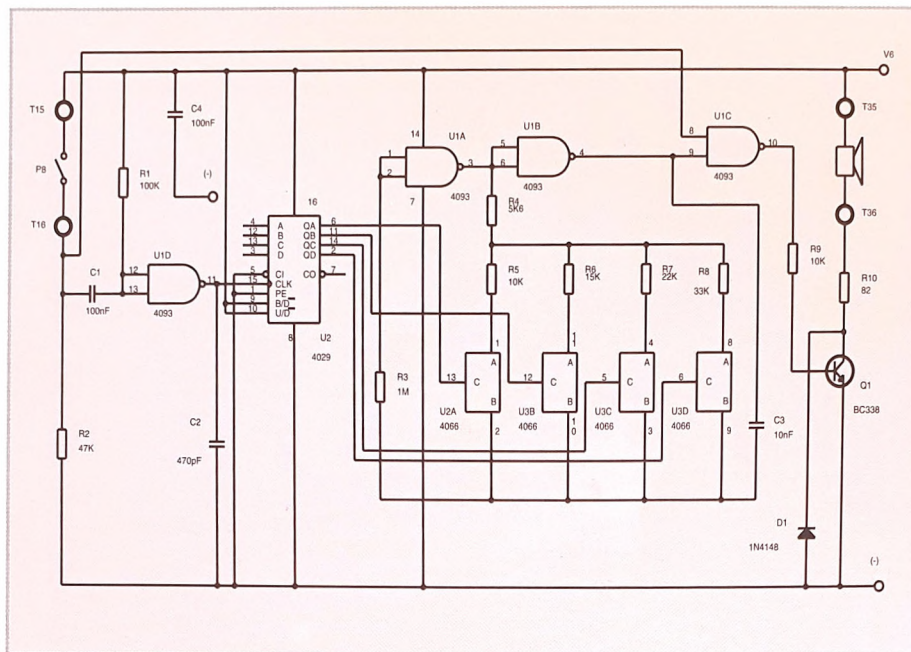
Il circuito

Il circuito è diviso in tre parti: il contatore con il suo circuito di generazione dell'impulso del clock, l'oscillatore multifrequenza e lo stadio di uscita. Il contatore è configurato per lavorare nel sistema binario e in modalità ascendente; possiamo farlo lavorare in modalità discendente semplicemente ponendo al negativo il terminale 10 dell'integrato. Perché il circuito conti, è stato progettato un generatore di impulsi: la porta invertente U1D e i componenti "satelliti" che la circondano – C1, R1 e R2. Il condensatore C2 evita l'ingresso di segnali parassiti all'entrata del clock del contatore. Le uscite di quest'ultimo andranno direttamente collegate alle quattro porte di un 4066, di modo che la resistenza R4 si associ, ogni volta, a una sola o a diverse a seconda dell'interruttore che attiva le uscite del contatore. Se l'uscita del contatore è 0001, QA = 1 e la porta U3A sarà attiva, la frequenza dell'uscita del contatore dipenderà da f = 1/[2,2 x (R4 + R5) x C3]. Se l'uscita del contatore fosse 0011, allora la resistenza sarebbe R4 + (R5//R6) perché U3A e U2B sarebbero attive e, quindi, R5 e R6 sarebbero in parallelo. Il segnale di uscita dell'oscillatore si collega direttamente alla base del transistor mediante la porta U1C. L'uscita sarà udibile dall'altoparlante.

Si ottengono 15 diversi suoni

Funzionamento

Quando si aziona il pulsante P8, si genera un impulso che fa incrementare il contatore di una unità. Ne deriva che gli interruttori attivi, controllati digitalmente, U3, cambino e, quindi, che cambi anche la frequenza dell'oscillatore che è collegato alle porte U1A e U1B. Questo cambiamento di frequenza si riflette sul suono che uscirà dal-

Campanello multitono

COMPONENTI	
R1, R2	47 K
R3	1 M
R4	5K6
R5, R9	10 K
R6	15 K
R7	22 K
R8	33 K
R10	82 Ω
C1, C4	100 nF
C2	470 pF
C3	10 nF
D1	1N4148
Q1	BC338
U1	4093
U2	4029
U3	4066
ALTOPARLANTE	
P8	

l'altoparlante. Ogni volta che P8 verrà premuto, il suono cambierà. All'uscita 0000 del contatore, nessuno degli interruttori 4066 sarà attivo e, quindi, non sentiremo niente. Risultano, in conclusione, solamente 15 diversi suoni, e non 16.

Messa in funzione

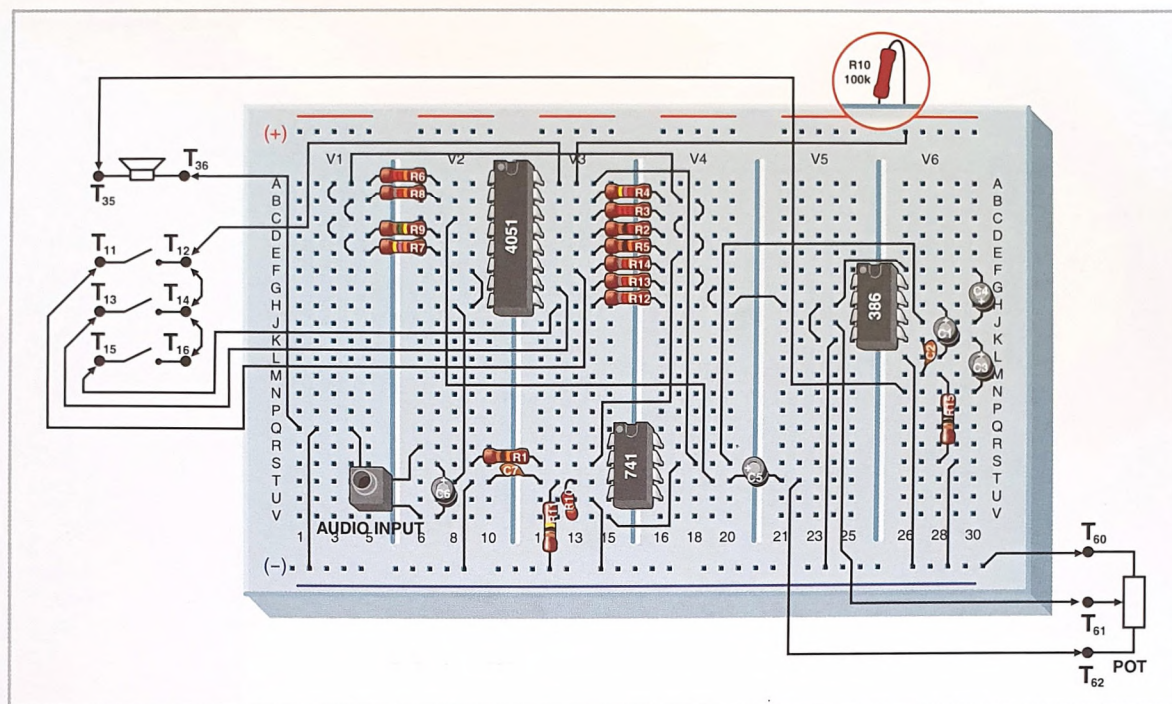
Per il corretto funzionamento del circuito, oltre alla verifica di tutte le connessioni prima di collegarlo all'alimentazione, si deve fare particolare attenzione alla connessione del 4066. I terminali di alimentazione di questo integrato sono il 14, per il positivo dell'alimentazione, e il 7 per il negativo.

Ogni volta che si preme P8, il suono cambia.

Esperimento

Il circuito produce suoni che possono anche risultare sgradevoli; possiamo, quindi, affinarli secondo il gusto di ciascuno. Per far ciò, basta cambiare i valori delle resistenze da R4 a R8 e/o del condensatore C3.

Controllo del volume mediante tre tasti

Controllo digitale della resistenza di retroazione dell'amplificatore operazionale.

Il circuito consiste nel variare il guadagno dell'amplificatore operazionale utilizzato come preamplificatore d'entrata. Riusciamo a ottenere la variazione cambiando la resistenza di retroazione mediante gli interruttori elettronici del circuito integrato 4051.

Il circuito

Il circuito è composto da due parti: uno stadio preamplificatore d'entrata e un amplificatore di uscita. Il primo è costituito dall'amplificatore operazionale 741 montato come amplificatore invertente. Il segnale audio di basso livello d'entrata passa attraverso un condensatore, così da separare la componente continua e, attraverso la resistenza R1 alimentata con la tensione continua di V6/2 mediante il divisore R10-R11, viene applicato all'entrata invertente dell'operazionale. Il 4051, insieme alle resistenze R2 e R9, è collegato alla retroazione del circuito di modo che, a seconda dell'entrata selezionata dai pulsanti P6, P7 e P8, si allaccia alla resistenza associata alla suddetta entrata. Essa corrisponde al numero binario formato dai pulsanti e applicato alle entrate A, B e C del 4051, come quella di controreazione dell'amplificatore. Questo permette di ottenere un circuito amplificatore con guadagno variabile: varia a seconda dell'entrata selezionata. L'uscita del primo stadio viene applicata , per mezzo del condensatore C3, al secondo stadio amplificatore per eliminare la componente continua e, poi, al potenziometro POT, per regolare il volume massimo.

Controllo mediante codice binario

Funzionamento

Con i tre pulsanti a riposo, l'entrata selezionata è la 0 perché le tre entrate, grazie alle resistenze da R12 a R14, sono a livello basso. Tenendo conto del fatto che il guadagno dell'operazionale configurato come invertente è G = Rx/R1 (dove Rx è la resistenza corrispondente all'entrata selezionata da R2 a R9), in stato di riposo A = 0, B = 0 e C = 0, l'entrata selezionata sarà X0 e dato che R2 è di 1K, il guadagno sarà 0,1. Divide, cioè, l'entrata per 10. Se, adesso, mediante i pulsanti P6, P7 e P8 si seleziona una qualsiasi entrata, il guadagno corrisponderà all'entrata selezionata. L'uscita dello stadio d'entrata (terminale 6 dell' LM741) si applica all'altro stadio amplificatore di potenza che ha il controllo

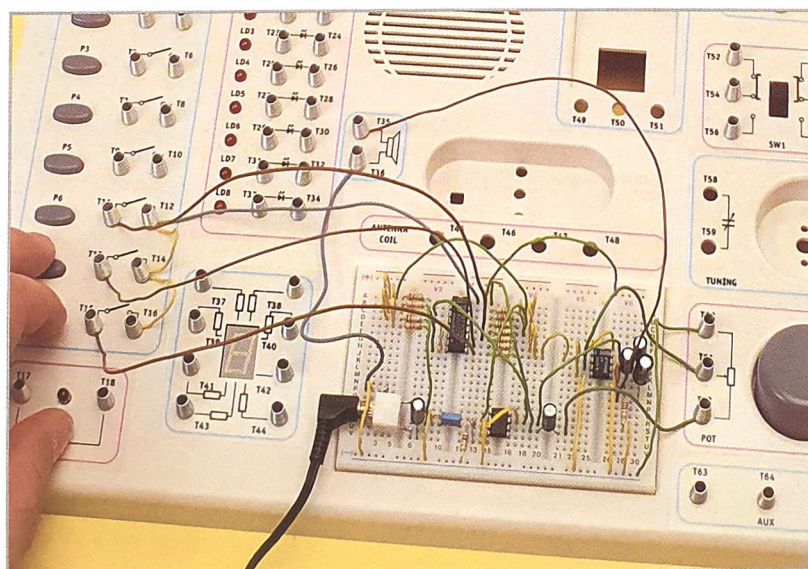
Controllo del volume mediante tre tasti

COMPONENTI	
R1	10 K
R2	1 K
R3	2K2
R4	47 K
R5	10 K
R6	22 K
R7	47 K
R8	82 K
R9	150 K
R12, R13, R14	82 K
R15	10 Ω
C1	10 µF
C2	47 nF
C3	220 µF
C4	47 µF
C5,C6	22 µF
C7	100 nF
U1	741
U2	4051
U3	LM386
JACK	
POT	
ALTOPARLANTE	

del volume d'entrata per mezzo del potenziometro POT. L'uscita si applica direttamente all'altoparlante. Il guadagno del primo stadio, selezionando l'entrata X3, sarà unitario, cioè 011, oppure, che è la stessa cosa, con P6 e P7 premuti.

Messa in funzione

Dato che abbiamo a che fare con dei componenti dotati di polarità ben definite, dobbiamo fare particolare attenzione alla loro connessione.

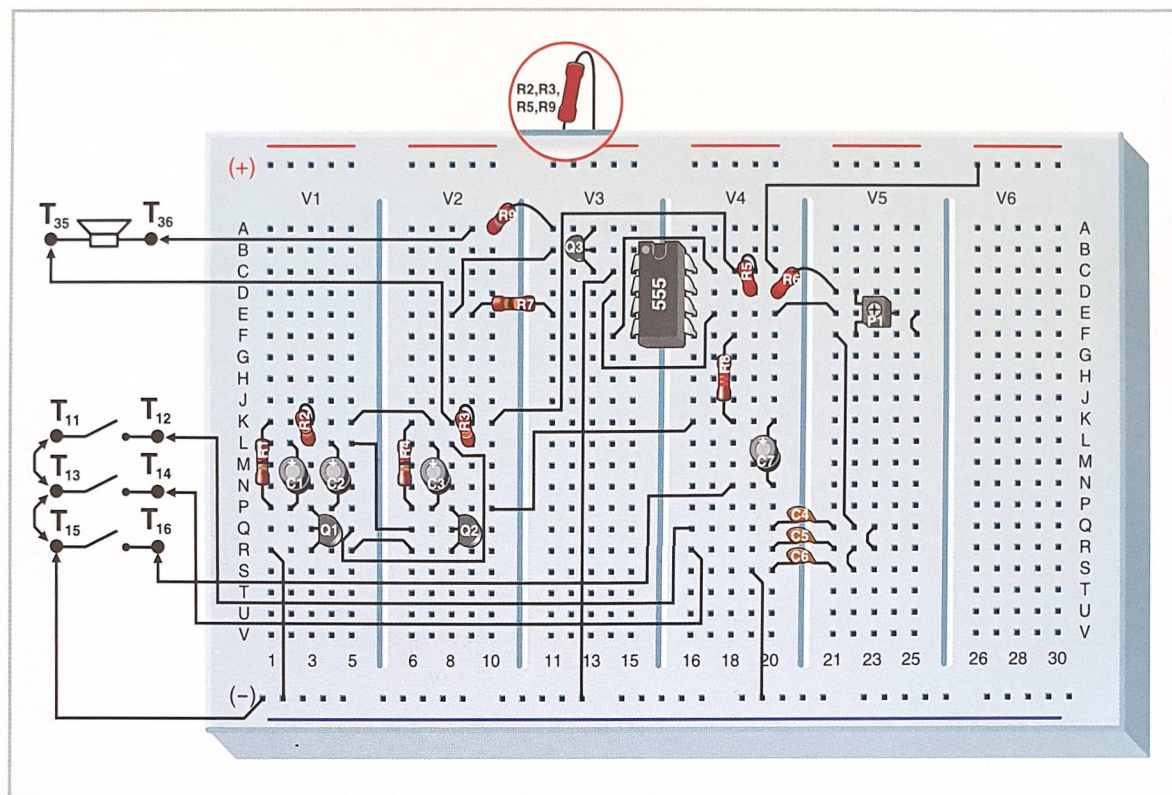
Dobbiamo fare attenzione anche alle connessioni dei circuiti integrati, verificando bene ogni cosa, senza dimenticarci dell'alimentazione. Dopo aver revisionato tutto il montaggio, posizioneremo il comando del potenziometro del laboratorio in un valore medio, alimenteremo il circuito e applicheremo un segnale audio d'entrata. Se prendiamo un walkman dobbiamo abbassare il volume. Premendo P6, P7 e P8, seguendo la sequenza seguita dall'ordine naturale dei numeri, dallo zero al sette, il volume aumenterà gradatamente.

Il guadagno aumenta quando aumenta l'entrata selezionata.

Esperimenti

Uno degli esperimenti che potremo realizzare è variare, a nostro piacere, il valore delle resistenze da R1 a R8 per avere altri guadagni.

Per alzare il volume possiamo diminuire il valore della resistenza R1 e per abbassarlo lo possiamo aumentare; lo abbasseremo se noteremo che all'uscita si verifica una distorsione dovuta all'eccessivo livello del segnale applicato all'entrata.

Suono per film del terrore

Il circuito permette di generare diversi effetti sonori agendo su tre pulsanti.

Il circuito genera suoni simili a quelli che si ascoltano nei film del terrore. Utilizza due oscillatori, uno di essi genera la frequenza base del suono e l'altro serve per modulare il precedente suono mediante l'entrata speciale CV.

Il circuito

Il segnale modulatore viene ottenuto con un oscillatore astabile montato intorno ai transistor Q1 e Q2. La frequenza di uscita di questo oscillatore viene raggiunta nel collettore del transistor Q2. L'oscillatore astabile generatore del suono è basato su un 555 e possiede diverse frequenze di lavoro, che si selezionano con i pulsanti P6 e P7. Se si aziona P6 e/o P7, si mettono C4 e/o C5 in parallelo con C6 e si cambia anche la frequenza dell'uscita. Questo oscillatore viene modulato mediante la sua entrata CV, terminale numero cinque di U2 dell'oscillatore a transistor. Questa modulazione si cambia anche quando premiamo P8.

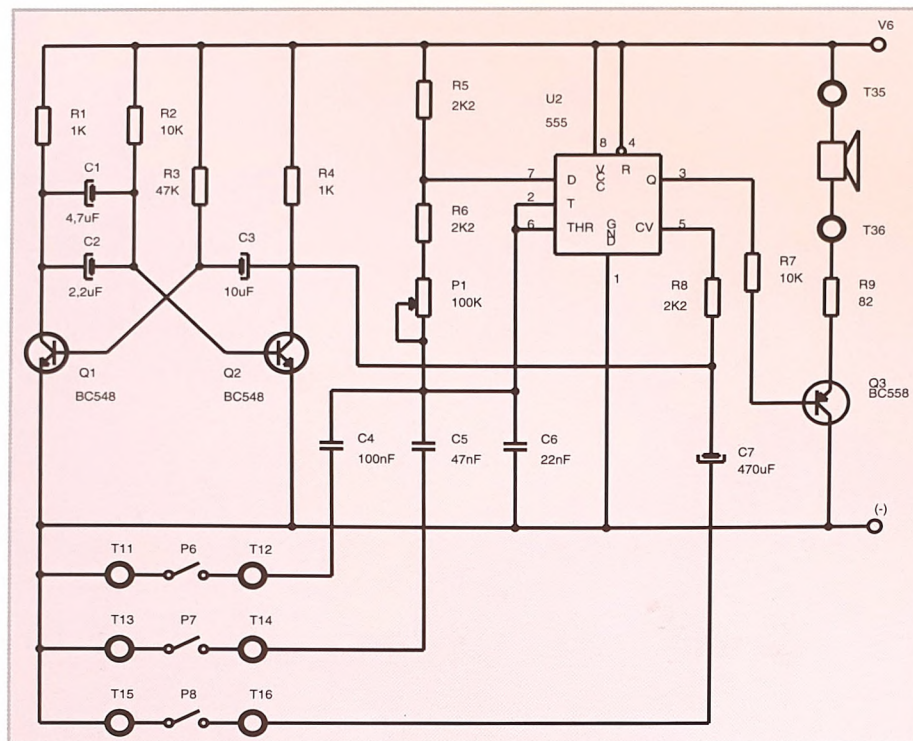
Si agisce sulle frequenze e sulle modulazioni

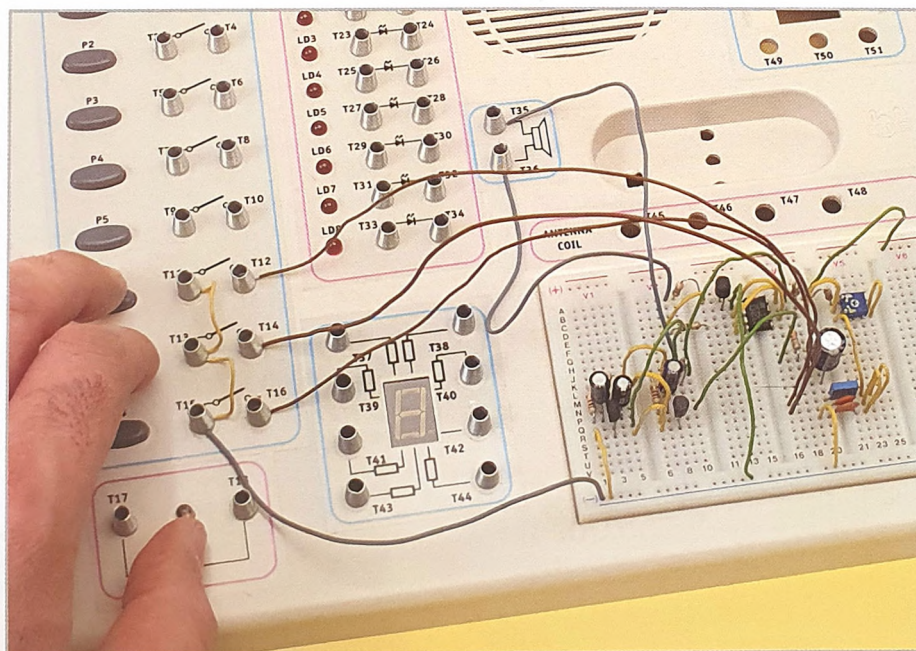
Funzionamento

L'oscillatore astabile ha una piccolissima frequenza, intorno ai 2,7 Hz, mentre l'oscillatore astabile con il 555 ha una frequenza molto maggiore. Perciò, in stato di riposo, l'oscillatore di U2 agisce con la capacità C6 (22 nF) e il condensatore C7 è libero, come C4 e C5, che non influiscono. L'azionamento di P6 e/o P7 produrrà un effetto molto particolare, diminuendo la frequenza dell'oscillatore con U2, quando aumenta la sua capacità mettendo in parallelo i condensatori. Quando si aziona P8, si collega in parallelo il condensatore C7 tra il collettore e l'emettitore di Q2; cambierà, di conseguenza, il ciclo di lavoro del segnale di uscita dell'oscillatore e si produrrà un particolare effetto sonoro.

Regolazione

Inizialmente, il suono potrebbe non avere delle tonalità molto basse, per cui dovremo rego-

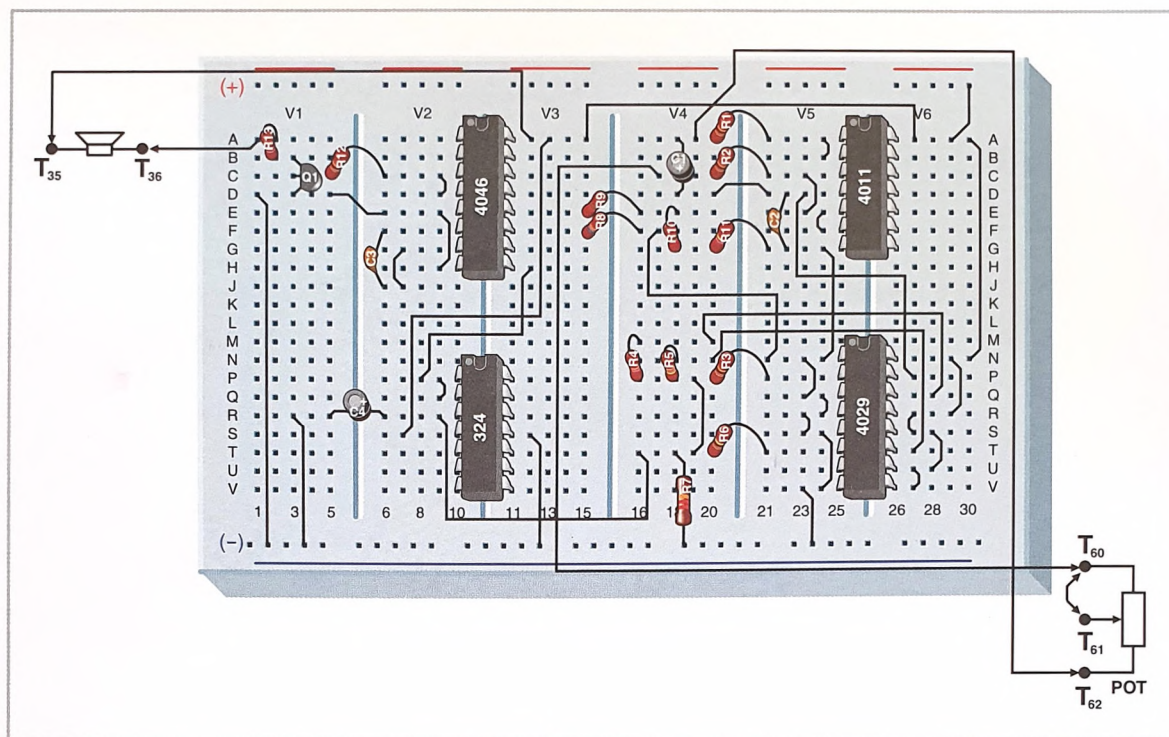
Suono per film del terrore

COMPONENTI	
R1, R4	1 K
R2, R7	10 K
R3	47 K
R5, R6, R8	2K2
R9	82 Ω
P1	100 K
C1	4,7 µF
C2	2,2 µF
C3	10 µF
C4	100 nF
C5	47 nF
C6	22 nF
C7	470 µF
Q1, Q2	BC548
Q3	BC558
U1	555
P6 a P8	
ALTOPARLANTE	

larlo mediante P1, fino ad ottenere l'effetto desiderato. A questo fine porremo il potenziometro a metà del suo valore e lo cambieremo prima verso destra e poi verso sinistra, se non dovesse piacerci il suono ottenuto. Tutto ciò, con il circuito in stato di riposo, senza azionare nessun pulsante.

Generatore degli effetti sonori.

Messa in funzione

Il circuito suonerà una volta collegato all'alimentazione. Quando si aziona un pulsante qualsiasi, il suono deve cambiare. Se non cambia, dovremo revisionare attentamente tutto il montaggio, osservando con particolare attenzione i condensatori elettrolitici, i transistor e l'alimentazione dell'integrato.

Sirena d'emergenza

Un segnale a dente di sega produrrà una variazione nella frequenza.

Il circuito di cui tratteremo è dotato di un integrato VCO. La frequenza del segnale di uscita viene controllata da un segnale digitale che ha una forma triangolare generato da un contatore. Imita, quasi perfettamente, il suono di vari tipi di sirene.

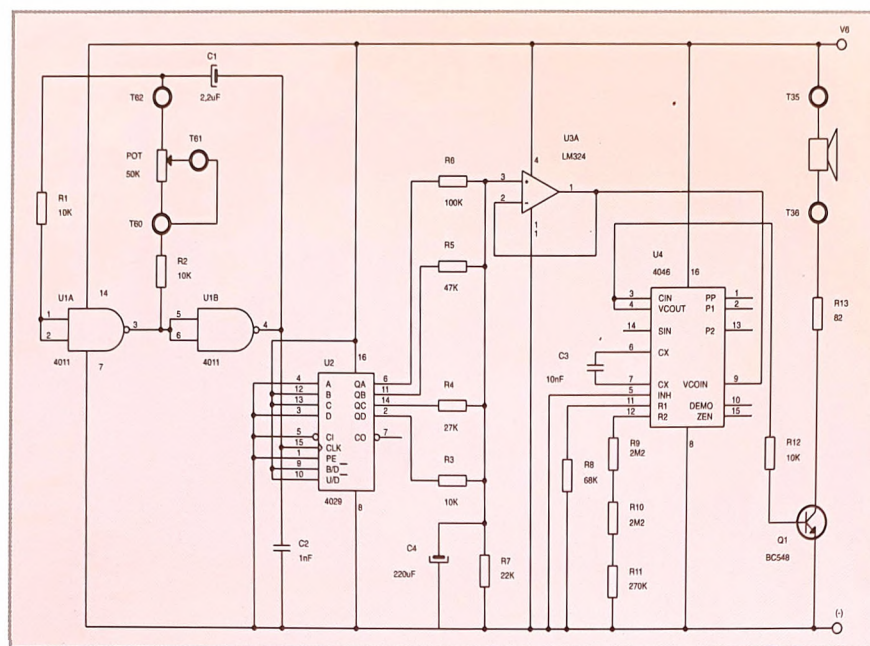
Il circuito

Il circuito è formato da quattro parti: un oscillatore a frequenza variabile, un contatore con il suo conformatore di segnale, un VCO e lo stadio di uscita. L'oscillatore a frequenza variabile realizzato con le porte NAND U1A e U1B sarà la frequenza del clock del contatore 4029. Questo integrato è configurato con i suoi terminali B/D e U/D a livello alto, per cui realizzerà il conteggio di uscita in sistema binario (0000 ->1111) e in modalità ascendente. Ogni uscita del contatore ha associata una diversa resistenza, inversamente proporzionale al peso dell'uscita: minor peso ha QA, maggiore sarà la resistenza. Così, man mano che aumenta il codice binario dell'uscita del contatore, nella resistenza R7 aumenta la tensione. Si ottiene, così, un'onda a dente di sega a gradini che verrà adattata per quanto riguarda l'impedenza con l'operazionale U3A montato come seguitore di emettitore. La sua uscita, terminale 1 di U3A, si applica all'entrata VCOIN di U4. Questa entrata consente all'integrato di cambiare la frequenza di uscita in funzione della tensione d'entrata, essendo l'integrato configurato come VCO. Il segnale di uscita viene direttamente applicato alla base di un transistor nel cui collettore avremo l'altoparlante.

Funzionamento

Il segnale del clock di uscita dell'oscillatore astabile viene applicato all'entrata del contatore che genera il segnale a dente di sega. Il suddetto segnale ha dei margini di tensione tra 0V e V6, l'onda, cioè, varia tra questi valori di tensione. La variazione della tensione avviene in 15 passaggi: ogni diverso codice di uscita del contatore genera una determinata tensione che aumenta man mano aumenta il valore del codice. Il segnale d'uscita ha, quindi, un aspetto a dente di sega, formato da gradini di tensione. Dato che ogni scalino di tensione del dente di sega è costituito da un codice binario di uscita del contatore, che cam-

La tensione controlla la frequenza

Sirena d'emergenza

COMPONENTI	
R1, R2, R3, R12	10 K
R4	27 K
R5	47 K
R6	100 K
R7	22 K
R8	68 K
R9, R10	2M2
R11	270 K
R13	82 Ω
C1	2,2 µF
C2	1 nF
C3	10 nF
C4	220 µF
Q1	BC548
U1	4011
U2	4029
U3	LM324
U4	4046
POT	
ALTOPARLANTE	

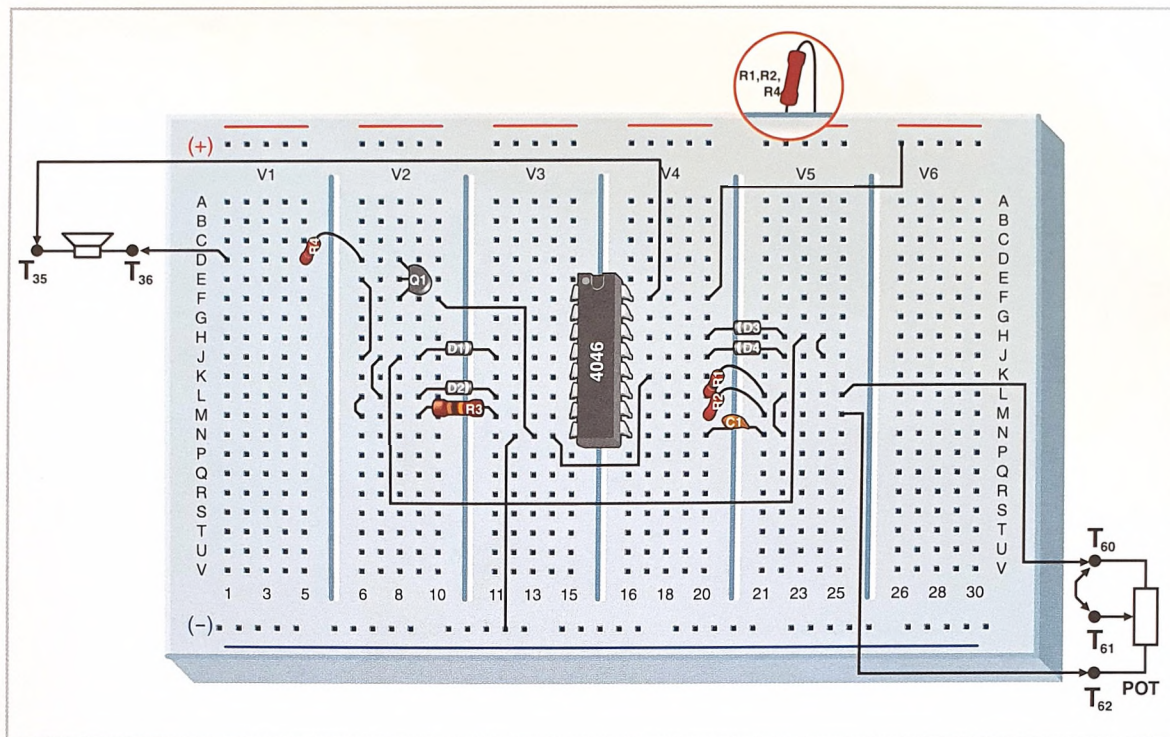
bia con il segnale del clock, il periodo del dente di sega dipende direttamente dalla frequenza del segnale dell'oscillatore: equivale, per l'esattezza, a 16 periodi del segnale del clock (contatore in modalità binaria pura 0000 -> 1111).

Il potenziometro permette di variare la frequenza del segnale triangolare.

Esperimenti

Variando il margine di frequenza nell'oscillatore, possiamo modificare il margine di frequenza all'uscita del circuito. A tale scopo, potremo cambiare la resistenza R2 e/o il condensatore C1. Possiamo, inoltre, alternare anche il margine delle frequenze all'uscita del circuito VCO rimettendo le resistenze collegate ai terminali 11 e 12 e il valore del condensatore da 4,7 nF. L'esperimento più importante che potremo fare consiste nel togliere C4 e verificare i suoni ottenuti, provando, in seguito, con valori differenti: per esempio 1, 10, 100 µF. Potremo osservare dei notevoli cambiamenti di suono.

Generatore del suono con 4060

Con il generatore interno e le diverse uscite si possono ottenere diversi suoni.

Il circuito di questo esperimento è un generatore del suono che può essere utilizzato in diverse applicazioni, perfino per cercare di spaventare gli uccelli. Il circuito può essere configurato per disporre fino a sedici suoni differenti in un altoparlante, utilizzando quattro uscite del divisore.

Il circuito

Il circuito integrato 4060 eroga dei segnali di distinte frequenze; lo stadio di uscita è collegato direttamente all'altoparlante. L'oscillatore formato da U1 e dai componenti R1, R2, P1 e C1 genera treni di impulsi in cui larghezza, velocità di ripetizione e controllo possono essere variati. Il potenziometro P1 serve per regolare il valore della frequenza in uscita presente sulle uscite. Il transistor Q1 viene attivato perché si attiva l'uscita Q4. I diodi da D1 a D4, anche se collegati alle uscite da Q4 a Q7, possono essere collegati a qualsiasi delle uscite da Q6 a Q14, di modo che quando qualcuna di esse è ad alto livello, il transistor si attiva con la frequenza dell'uscita Q4. Invece, quando è a basso livello, pone a massa il catodo del diodo, per cui nella base del transistor Q1 avremo circa 0,6 Volt. Pertanto, il segnale di uscita dipende direttamente dalle connessioni tra i catodi dei quattro diodi e le uscite del contatore.

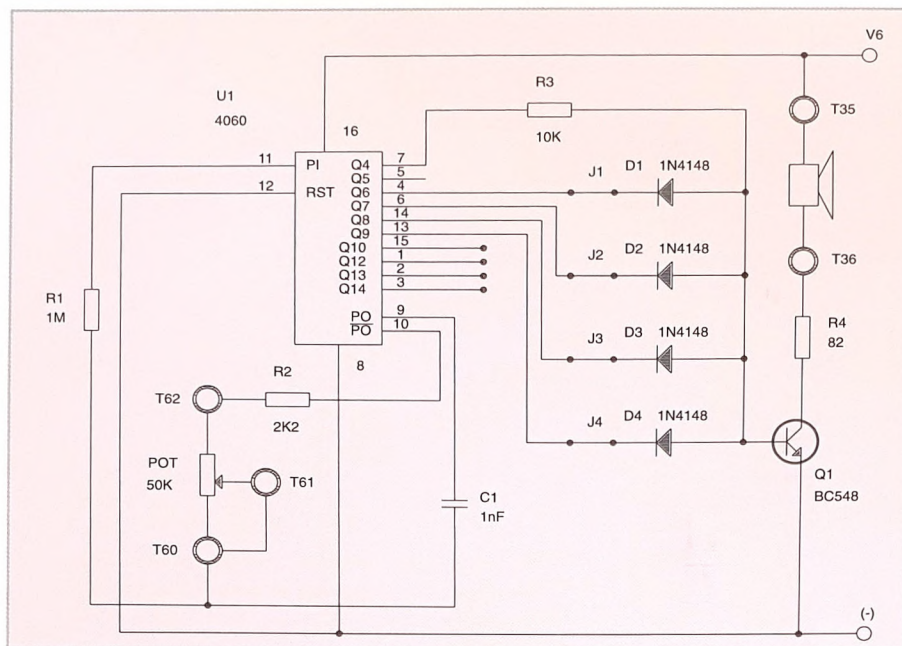
Si possono configurare fino a sedici diverse frequenze

Funzionamento

Con l'alimentazione collegata, il circuito inizierà a oscillare alla frequenza impostata dal potenziometro P1. Tenendo conto che il periodo di oscillazione della rete R-C del 4060 è di T = 2,2 x (R2 + P1) x C1, la frequenza di oscillazione varia tra 5 e 200 Hz. L'uscita Q4 divide questo segnale per 16 e lo applica direttamente alla base del transistor. I catodi dei diodi saranno direttamente collegati a tutte le altre uscite – in qualunque uscita – per mezzo di un ponticello realizzato attraverso un cavo. Così si possono configurare fino a sedici diverse frequenze.

Messa in funzione

Perché il circuito funzioni, basterà collegarlo all'alimentazione. In seguito, potremo fare

Generatore del suono con 4060

COMPONENTI	
R1	1M
R2	2K2
R3	10 K
R4	82 Ω
C1	1 nF
D1, D2, D3, D4	1N4148
Q1	BC338
	BC548
U1	4060
POT	
ALTOPARLANTE	

alcuni ponti tra i catodi dei diodi e le uscite da Q6 a Q14 del 4060. Se non dovesse suonare quando viene collegato, ruoteremo il potenziometro, e, se non dovesse ancora essersi messo in funzione, dovremo revisionare il montaggio, facendo particolare attenzione all'alimentazione dell'integrato, terminali 8 e 16, e ai terminali del transistor.

Si possono ottenere molti differenti suoni collegando i diodi a diverse uscite.

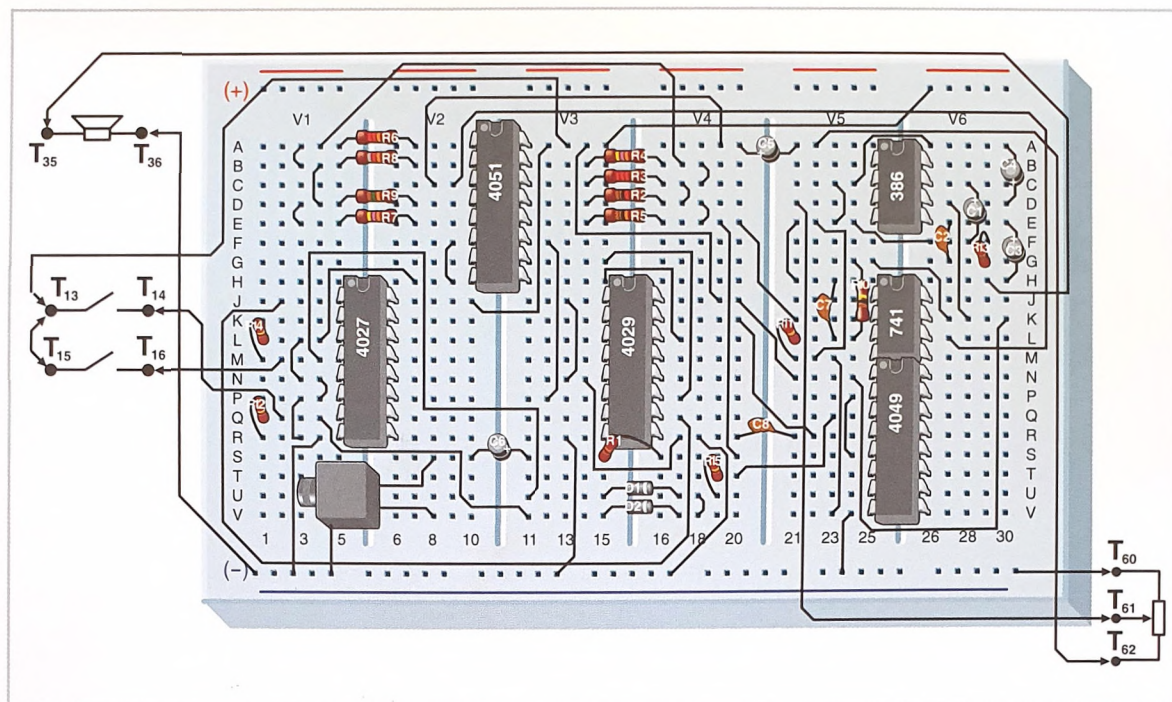
Esperimento 1

Possiamo cambiare la frequenza dell'uscita del 4060 cambiando la frequenza dell'oscillatore. Si raccomanda, innanzitutto, di aumentare il valore di R2 e di verificare come cambino i suoni provando con diverse connessioni dei diodi da D1 a D4. In seguito, si può abbassare il valore del condensatore C11 e vedere cosa succede; se, invece, si aumenta il suono, si convertirà in un "clac clac".

Esperimento 2

Si collega R3 a un'altra delle uscite, invece che a Q4, per ottenere frequenze più basse; in questo caso, il valore di C1 può abbassarsi di molto.

Controllo del volume con due pulsanti

Utilizza un pulsante per aumentare il volume e un altro per abbassarlo.

Il circuito ha due pulsanti, uno per aumentare il guadagno del circuito e l'altro per diminuirlo. Questi agiranno sull'uscita di un contatore che agirà sulle entrate del 4051, che varieranno le resistenze di controreazione nel montaggio del circuito amplificatore operazionale invertitore. Questo circuito è lo stesso di quello mostrato in "AUDIO 36", ma con un controllo differente per le entrate del 4051.

Il circuito

Il circuito è costituito da due stadi principali, la parte di controllo digitale del contatore e quella del controllo del guadagno analogico.

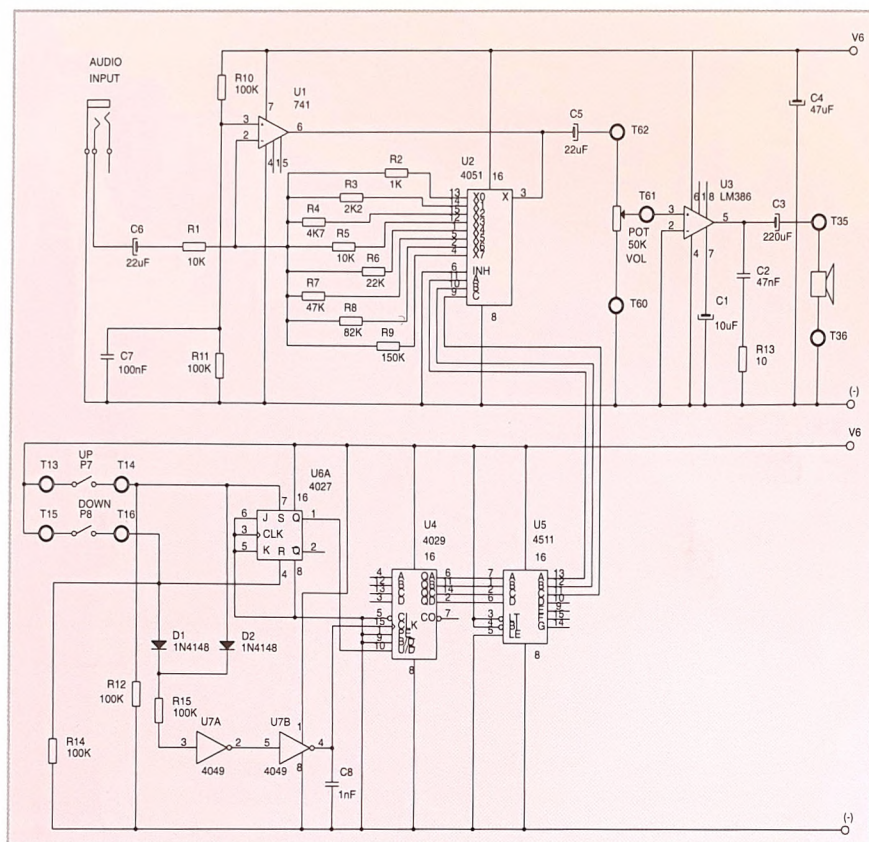
La parte digitale la costituiscono: il flip-flop 4027, i diodi D1 e D2, le porte U3A e U3B e il contatore 4029. Mediante il flip-flop U6A messo a '1' o a '0', si riesce a far contare il contatore in modalità ascendente o discendente, perché la sua uscita è collegata all'entrata UP/DOWN del contatore. Il flip-flop viene attivato azionando le entrate Set e Reset per mezzo, rispettivamente, dei pulsanti P7 e P8. Stabilita la modalità di conteggio, il cambiamento di livello serve per introdurre nel clock un impulso, di modo che quest'ultimo possa effettuare un conteggio. Le uscite del contatore vanno applicate direttamente all'entrata del 4051, per controllare gli interruttori elettronici al suo interno.

La parte analogica è costituita da uno stadio amplificatore d'entrata e da un altro di uscita. Lo stadio amplificatore d'entrata è costituito dall'operazionale LM741 montato come amplificatore invertente. Il 4051, quando il contatore cambia la propria entrata, varia la resistenza di retroalimentazione dell'amplificatore amplificando, di conseguenza, il guadagno e il volume del segnale audio d'entrata preso dall'entrata del jack. L'uscita del primo stadio, per mezzo del condensatore C3, applicata a un secondo stadio amplificatore, così da eliminare la componente continua e poi il potenziometro POT, che si utilizza per regolare il volume massimo.

La modalità del conteggio viene controllata dal contatore

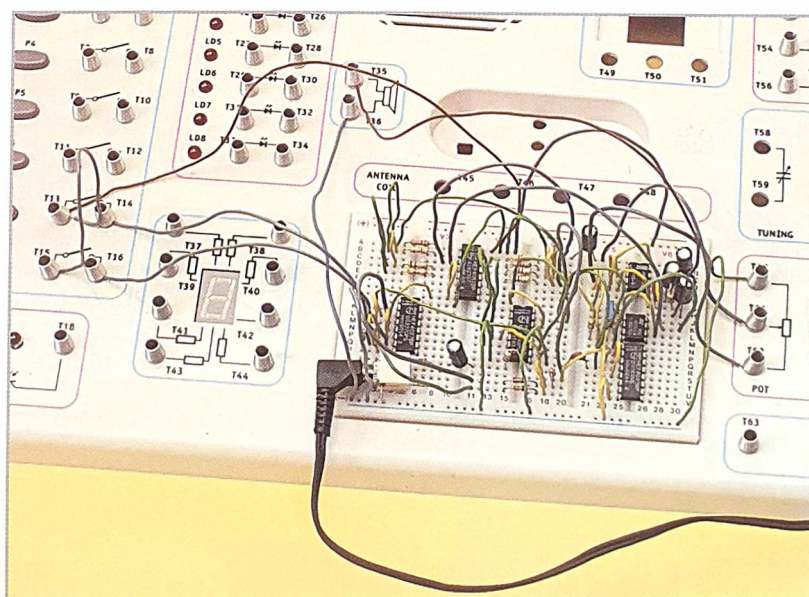
Funzionamento

Il funzionamento è semplicissimo. Ogni volta che si aziona uno dei due pulsanti, si genera un impulso che varia l'uscita del contatore. In questo modo, ogni volta che si azio-

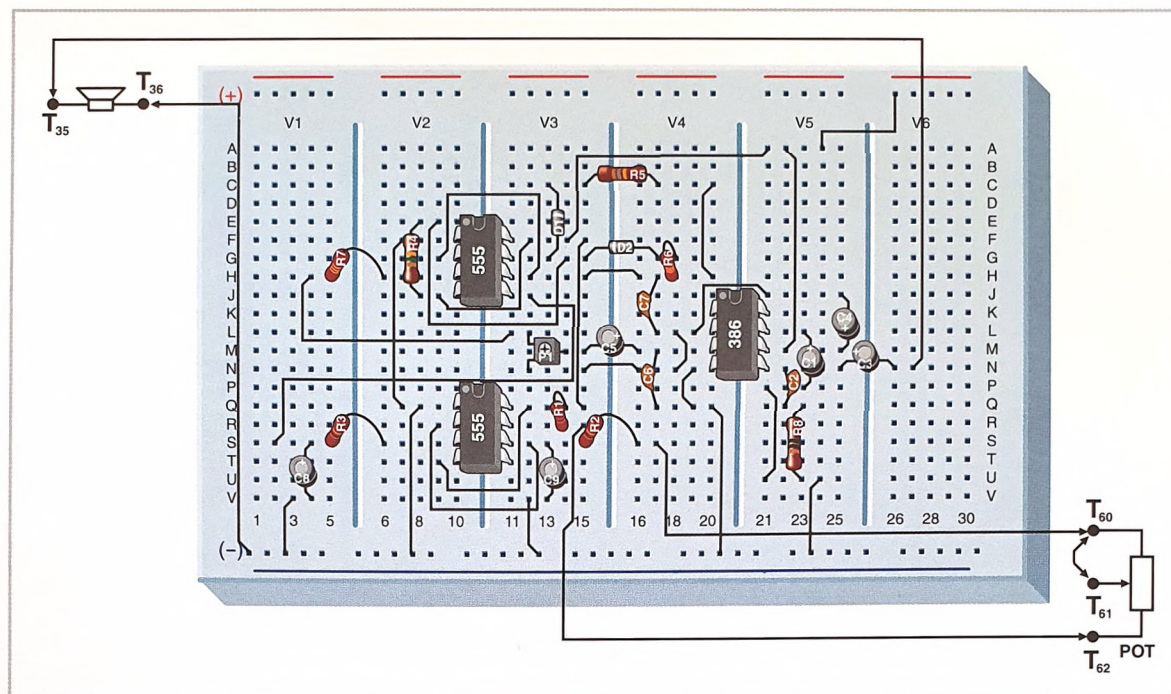
Controllo del volume con due pulsanti

COMPONENTI	
R1	10 K
R2	1K
R3	2K2
R4	4K7
R5	10 K
R6	22 K
R7	47 K
R8	82 K
R9	150 K
R10,R11, R12, R14, R15	100 K
R13	10 Ω
C1	10 µF
C2	47 nF
C3	220 µF
C4	47 µF
C5, C6	22 µF
C7	100 nF
C8	1 nF
D1, D2	1N4148
U1	741
U2	4051
U3	LM386
U4	4029
U5	4027
U6	4049
JACK	
POT	
ALTOPARLANTE	
P7 e P8	

na P7, il guadagno diminuisce e, di conseguenza, anche il volume diminuisce. Il potenziometro POT servirà per regolare il limite superiore o inferiore del volume.

Messa in funzione

Il montaggio è un po' complesso per via della notevole quantità dei componenti e dei cavi utilizzati. Dovremo, pertanto, effettuarlo ordinatamente e senza fretta per non sbagliarci. Il circuito, essendo collegato con dei cavi relativamente lunghi, può avere molte interferenze; si tratta di un circuito sperimentale. In caso si generi un rumore, si cercherà di eliminarlo muovendo qualche cavo di connessione.

Con P7 il volume aumenta, mentre con P8 diminuisce.

Sirena ad alta potenza

Il circuito suona molto forte e consente diverse varianti.

Il circuito consiste in un oscillatore astabile modulato da un altro astabile; ha all'uscita un amplificatore audio con il suo corrispondente controllo del volume. Cambiando le frequenze di oscillazione di uno o di tutti e due gli oscillatori astabili, riusciamo ad avere dei suoni molto "particolari".

Il circuito

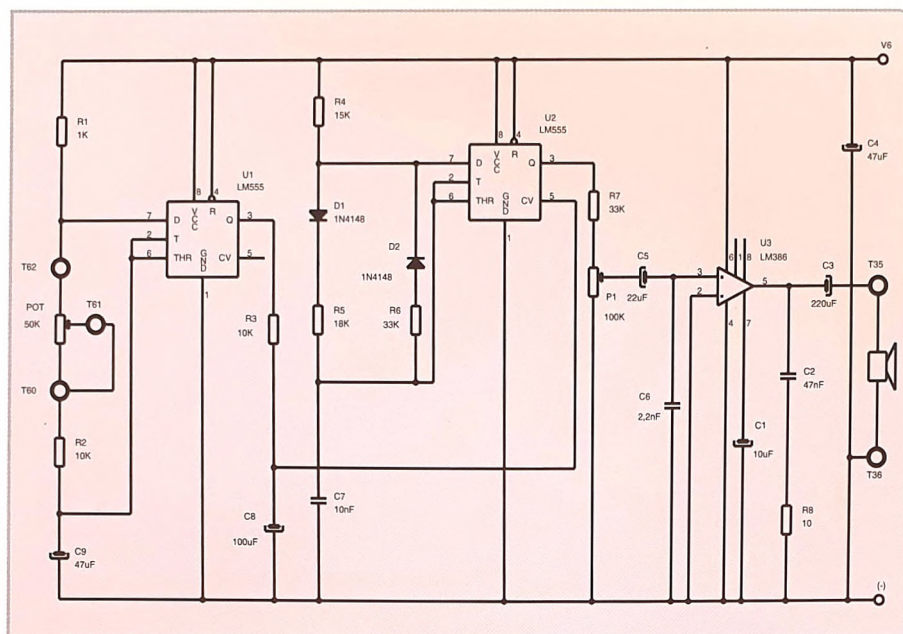
L'oscillatore principale è formato da un 555 configurato come astabile, è l'U2 con i suoi componenti associati, ha due diodi perché l'onda di uscita sia simmetrica. Il periodo di tempo durante il quale l'impulso sta a livello alto è T1 = 0,69 (R4 + R5) C7, mentre il periodo di tempo in cui sta a livello basso è T2 = 0,69 (R6) C7. Si osservi che R4 + R5 = R6, il periodo di questo segnale è T = T1 + T2 e la frequenza di oscillazione è la sua inversa. Utilizzando i valori dei componenti raccomandati nell'elenco otteniamo una frequenza teorica di 2.195 Hz, che può essere in realtà diversa a causa della tolleranza dei componenti stessi. Questo circuito integrato ha un'entrata di modulazione, terminale 5, a cui si applica il segnale che le arriva dal modulatore, un altro 555, U1 configurato come astabile, ma che funziona a una frequenza molto minore; con i valori dell'elenco risulta che la frequenza può essere regolata per mezzo del POT tra 1,4 e 0,25 Hz il segnale di uscita si applica a una rete RC formata da R3 e da C8 prima di essere applicata all'altro astabile. In questo modo si converte l'onda quadra in un'onda quasi triangolare, quindi la tensione che prima aveva due livelli che cambiavano in modo quasi immediato avrà ora un'andamento più graduale seguendo la rampa dell'onda triangolare.

L'uscita del secondo astabile U2, terminale 3, viene portata fino al potenziometro di regolazione P1 per essere applicata al nostro conosciuto e utilizzatissimo amplificatore audio. Questo potenziometro permette di ridurre il volume quando si effettuano degli esperimenti, perché il suono può risultare effettivamente sgradevole se ha un livello alto.

Messa in funzione

Prima di mettere in funzione il circuito, dobbiamo assicurarci che il volume non sia stato regolato mediante P1, a zero, perché se così fosse, all'amplificatore non arriverebbe nessun segnale. Quando si collega l'alimentazione, il circuito deve emettere un suono simile a quello di una sirena. Regoleremo il volume con P1 e facendo scivolare il cursore del potenziometro del pannello POT, potremo osservare i cambiamenti di modulazio-

Un circuito molto divertente

Sirena ad alta potenza

COMPONENTI	
R1	1K
R2, R3	10 K
R4	15 K
R5	18 K
R6, R7	33 K
R8	10 Ω
P1	100 K
C1	10 µF
C2	47 nF
C3	220 µF
C4, C9	47 µF
C5	22 µF
C6	2,2 nF
C7	10 nF
C8	100 µF

ne del suono e vedremo anche come la frequenza si alzi e si abbassi.

Esperimento 1

Togliamo C8 e osserveremo che il suono non cambia gradatamente e che ascoltiamo solamente due suoni che si alternano: regoleremo sempre mediante il POT questa alternanza. Possiamo effettuare diversi esperimenti dando diversi valori a C8; raccomandiamo di farlo con valori che vanno da 10µF e 470µF e osserveremo come si modula il suono.

Esperimento 2

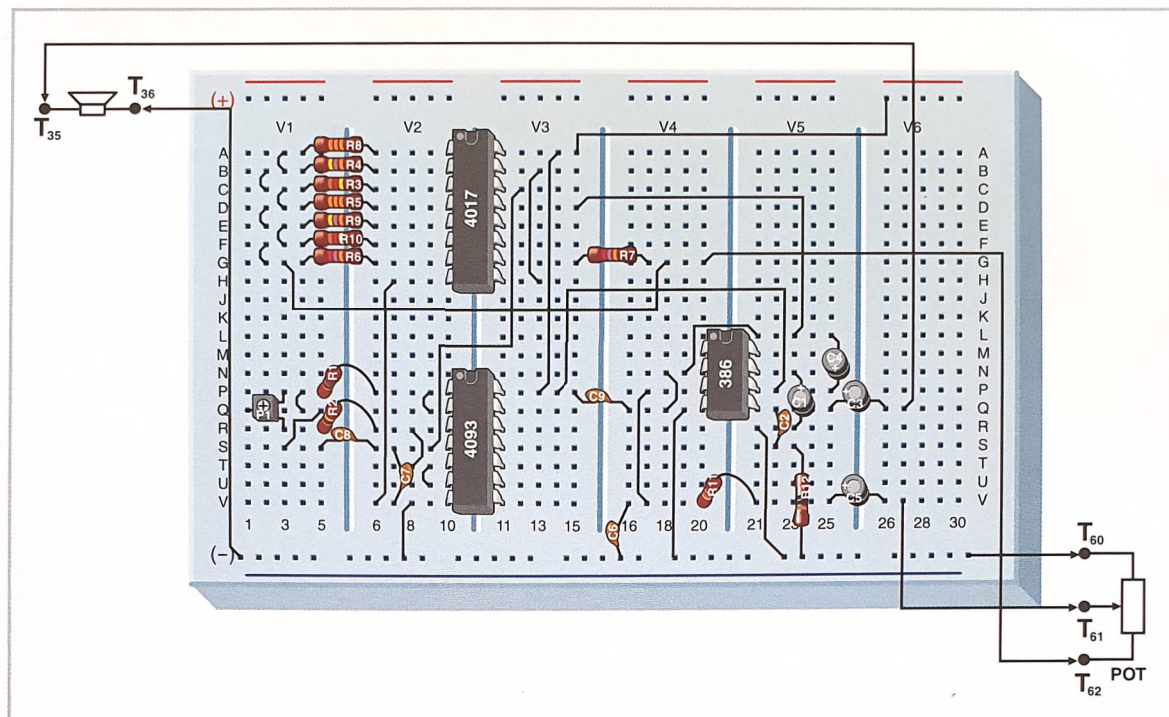
Sostituiamo C7 da 10nF con un altro da 4,7nF e proveremo mettendo quello da 4,7nF in parallelo con uno da 2,2nF; nel primo caso, la frequenza scende a 4.672 Hz, mentre nel secondo caso a 3.182 Hz.

Circuito per fare degli esperimenti con i suoni di una sirena..

Esperimento 3

Possiamo variare la frequenza del segnale modulatore aumentando o diminuendo il valore del condensatore C9; anche in questo caso dobbiamo provare a variare, sempre nello stesso senso, il condensatore C8. Tutti questi esperimenti possono essere effettuati simultaneamente ottenendo dei suoni effettivamente molesti, come possono essere quelli emessi da una sirena d'allarme per richiamare l'attenzione.

Generatore digitale di onda sinusoidale

La sinusoide è formata da otto tranches, con un 4017 che lavora come sequenziatore.

Con questo esperimento si dimostra come ottenere un'onda quasi sinusoidale a partire da un generatore di elevata frequenza, perciò si divide la sinusoide in otto tranches e a ciascuno di esse si assegna un livello di tensione.

Teoricamente, invece di una sinusoide otteniamo otto scalini di tensione. In realtà, l'onda ha una forma un po' diversa. Sia in realtà che in teoria, dobbiamo utilizzare un filtro passo/basso per far assomigliare il più possibile l'onda a una sinusoide. L'ideale sarebbe di riuscire ad ottenere una scala costituita da molte tranches perché la sinusoide sia il più possibile perfetta. La frequenza del segnale di uscita sarà un ottavo rispetto a quella dell'oscillatore d'entrata.

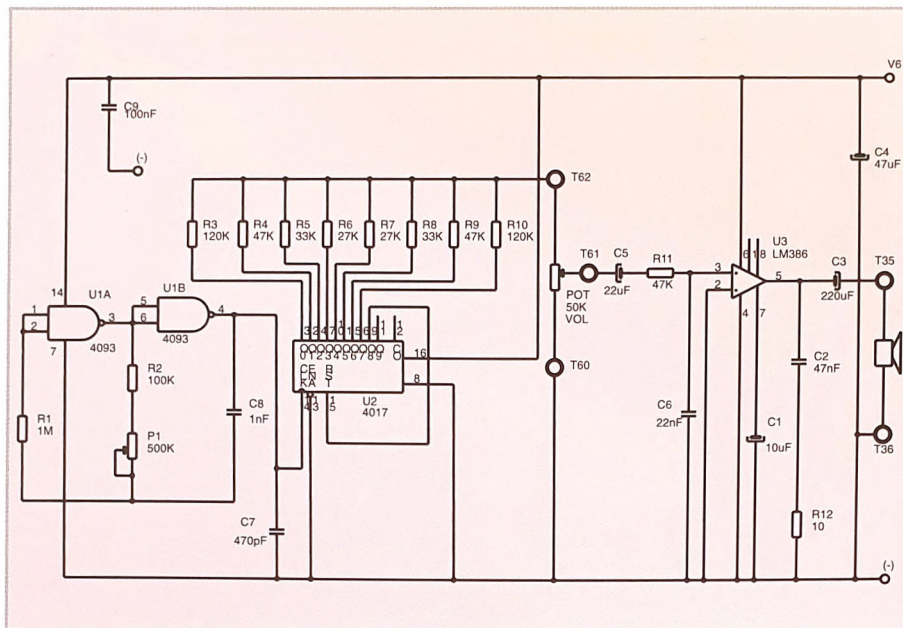
Il circuito

Lo schema si basa su di un oscillatore e su un circuito integrato 4017, che è un contatore ad anello da 10 bit. Si utilizzano solamente le prime otto uscite (da Q0 a Q7) e l'uscita Q8 viene collegata al reset perché inizi nuovamente il conteggio. All'inizio l'uscita Q0 è a livello alto e mano a mano che si introduce un impulso del clock nell'entrata CKL, il 4017 attiva la successiva uscita e così via fino a Q7. Quando viene prodotto il successivo impulso del clock, dato che si attiva l'uscita Q8, l'uscita Q0 si "resetta" e il ciclo si ripete. Nelle uscite da Q0 a Q3 ci sono le medesime resistenze che troviamo nelle uscite da Q4 a Q7. Questo si deve al fatto che il segnale sinusoidale, proprio come abbiamo detto, si forma grazie agli scalini, per cui innanzitutto scenderà da Q0 a Q3 e poi da Q4 a Q7. L'ampiezza del segnale ottenuto può variare utilizzando il potenziometro POT e viene portato al filtro passa/basso. Finisce qui il circuito del generatore, ma se non abbiamo una strumentazione per provarlo, dobbiamo montare un amplificatore audio – possiamo osservarlo nello schema e nel piano di montaggio – per verificare che il circuito stia effettivamente oscillando. Questo amplificatore è basato sul circuito integrato LM386, che lo renderà udibile mediante l'altoparlante.

L'oscillatore ha una frequenza otto volte superiore rispetto alla frequenza di uscita

Funzionamento

La frequenza che si applica all'entrata del clock del 4017 è ottenuta da un oscillatore co-

Generatore digitale di onda sinusoidale

COMPONENTI	
R1	1M
R2	100K
R3, R10	120 K
R4, R9, R11	4K7
R5, R8	33 K
R6, R7	27 K
R12	10 Ω
P1	500 K
C1	10 µF
C2	47 nF
C3	220 µF
C4	47 µF
C5	22 µF
C6	22 nF
C7	470 pF
C8	1 nF
C9	100 nF
ALTOPARLANTE	
POT	

stituito da due porte NAND: sarà lui a segnare la frequenza dell'onda sinusoidale di uscita. Mediante il potenziometro P1 ne varieremo la frequenza, dato che la frequenza dell'onda sinusoidale di uscita è l'ottava parte di quella del suddetto oscillatore. I valori delle resistenze sono stati calcolati per formare un segnale sinusoidale.

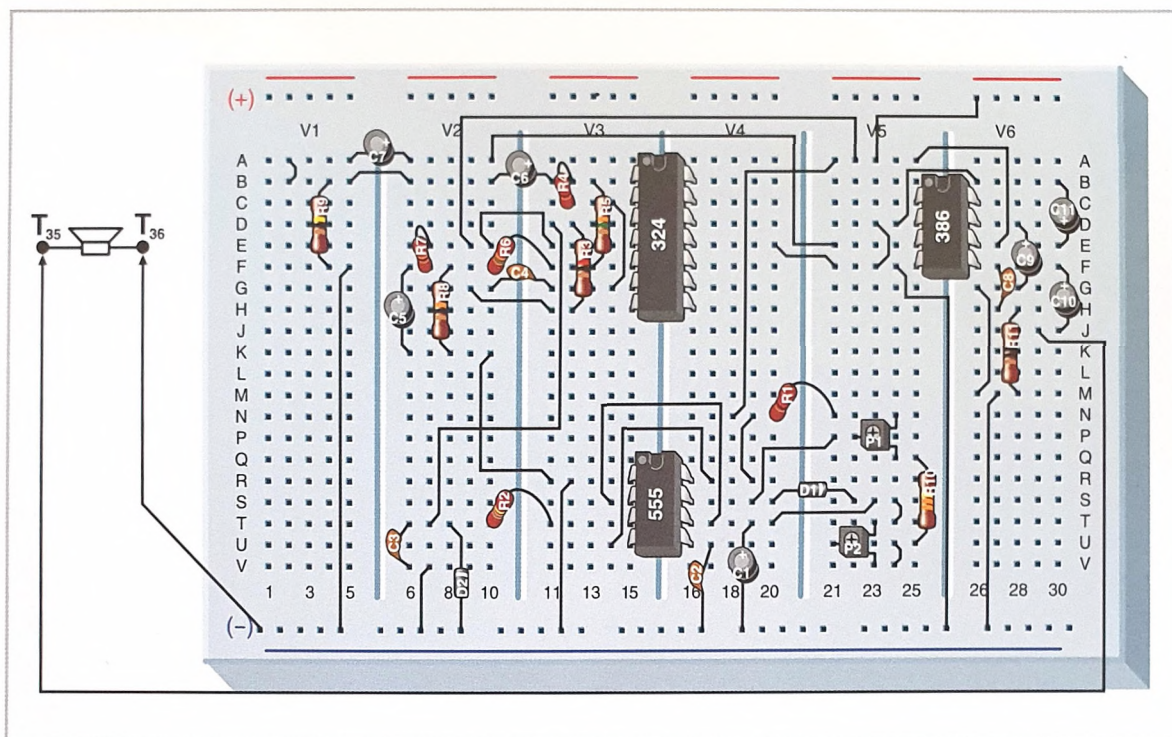
L'uscita sarà una sinusoide a scalini.

Messa in funzione

Il circuito deve funzionare semplicemente collegandolo all'alimentazione; se così non dovesse accadere, dovremo scollegare immediatamente il circuito e verificare tutte le connessioni, senza dimenticarci delle alimentazioni. Conviene, inoltre, verificare anche che ogni componente sia quello raccomandato nell'elenco.

Esperimenti

Il potenziometro P1 garantisce un sufficiente margine di frequenza all'oscillatore: possiamo variare il suddetto margine cambiando il valore di C6 e/o il valore della resistenza R2, che aumenteremo per ottenere frequenze minori e che diminuiremo per aumentare, invece, la frequenza.

Un filtro risonante produrrà un suono particolare.

Il circuito che presentiamo in questo esperimento si utilizza per ottenere il suono caratteristico prodotto da una campana. Esso non è costituito da un semplice tono. A tale fine abbiamo realizzato un oscillatore astabile, che collegheremo a un filtro speciale che produrrà una sensazione avvolgente.

Il circuito

Il circuito è costituito da un filtro risonante costruito intorno a U2A e a U2ß, che suona alla propria frequenza di risonanza quando si accende con un impulso all'entrata. In questo circuito, gli impulsi di accensione vengono prodotti da un oscillatore astabile costruito con un 555. Il diodo D1 è utilizzato per ottenere dei brevi impulsi di uscita perché permette un veloce caricamento del condensatore C1, mentre la carica viene effettuata lentamente se la si effettua attraverso P2 e R10. Il segnale di uscita del filtro, terminale 6 di U2A, viene direttamente collegato allo stadio amplificatore dell'uscita. Un controllo del volume non è stato previsto.

L'uscita sarà un altoparlante

Funzionamento

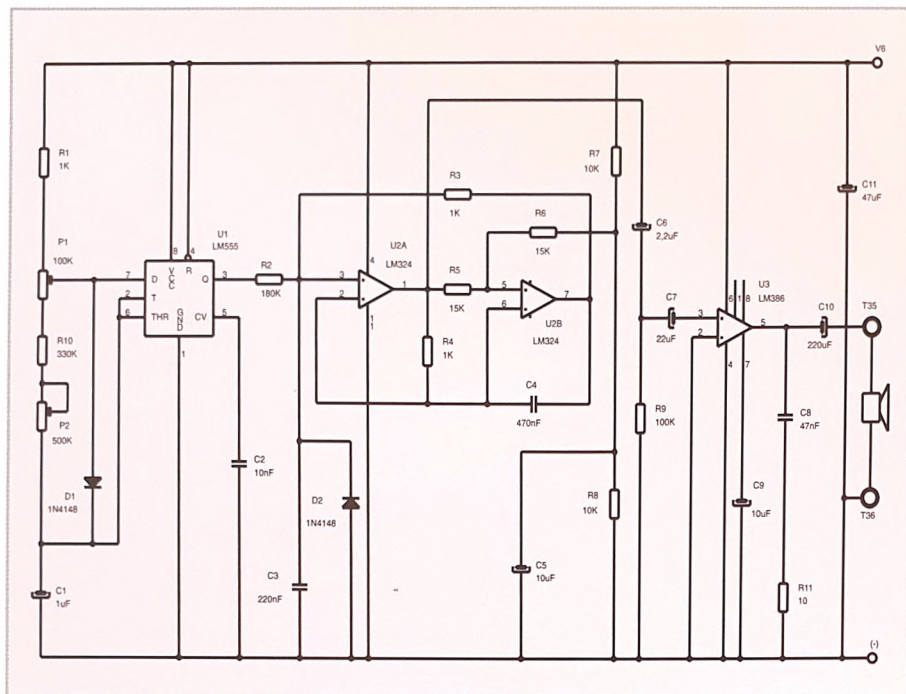
Il circuito deve iniziare ad emettere dei suoni dall'istante in cui viene collegato all'alimentazione. Per regolare il suono, disponiamo dei potenziometri P1 e P2, che permetteranno di variare il ciclo di lavoro e la frequenza del segnale di uscita dell'oscillatore. Utilizzando questi potenziometri, potremo ottenere diversi interessanti suoni.

Messa in funzione

Non si dovrebbe incontrare nessun problema nella messa in funzione del circuito. Se non dovesse funzionare, ne scollegheremo l'alimentazione e ne revisioneremo i terminali in ciascuno dei circuiti integrati. In seguito, rivedremo i condensatori elettrolitici (C1, C5 e C6) per vedere se siano stati bene collegati oppure no. Infine, dovremo dare un'occhiata anche ai diodi semiconduttori D1 e D2.

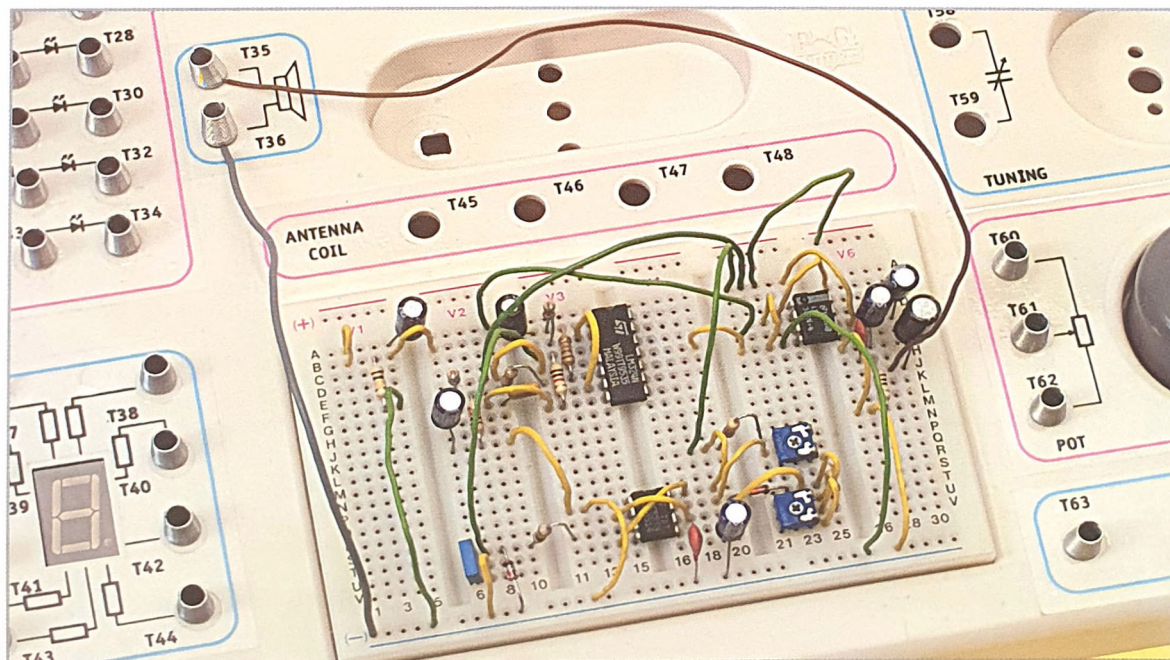
Esperimenti

Abbiamo a disposizione diversi modi per variare il suo-

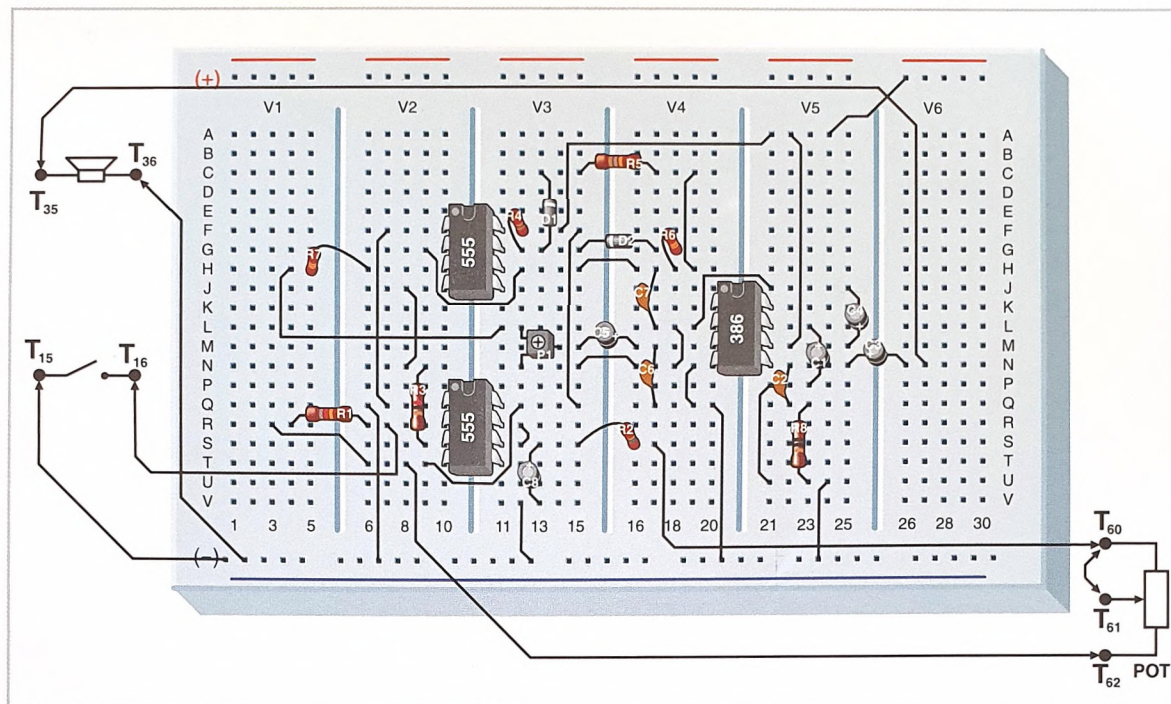
Campana elettronica

COMPONENTI

R1, R3, R4	1K
R2	180 K
R5, R6	15 K
R7, R8	10 K
R9	100 K
R10	330 K
R11	10 Ω
P1	100 K
P2	500 K
C1	1 µF
C2	10 nF
C3	220 nF
C4	470 nF
C5, C9	10 µF
C6	2,2 µF
C7	22 µF
C8	47 nF
C10	220 µF
C11	47 µF
D1, D2	1N4148
U1	555
U2	LM324
U3	LM386
ALTOPARLANTE	
POT	

no che si produce nel circuito. Da una parte, possiamo cambiare il valore delle resistenze R2 e/o R3, anche se, dato che R3 ha un valore alquanto critico, sarebbe meglio non toccarla ed effettuare il cambiamento solamente su R2.

Possiamo modificare anche i margini delle frequenze di uscita dell'oscillatore variando il valore del condensatore C1 e/o della resistenza R1.

Il suono dipende dalla frequenza dell'oscillatore astabile.

Allarme acustico temporizzato

Il circuito emette un suono acuto per un periodo di tempo la cui durata è stata stabilita in precedenza.

Dopo aver premuto P8, questo circuito emette un suono acuto stridente e sgradevole che dura approssimativamente 1 secondo. Il livello di uscita può essere regolato mediante il potenziometro P1, mentre è il potenziometro POT – posto nel pannello principale del laboratorio – che regola la durata del suono.

Il circuito

Il circuito consiste di un oscillatore astabile formato da un 555 che corrisponde a U2 e ai componenti ad esso associati. Il segnale di uscita di questo oscillatore viene portato ad un amplificatore audio integrato, un LM 386 che eroga il suono ad un altoparlante. L'oscillatore astabile funziona solamente quando la sua entrata RESET è disattivata, quando cioè, è a livello alto, cosa che si verifica solamente quando l'uscita di U1 è a livello alto. U1 è un altro 555, ma è stato configurato come monostabile, di modo che, in stato di riposo, ha la propria uscita a livello basso, mentre se premiamo P8, si attiva passando a livello alto e mantenendosi a questo livello per un determinato periodo di tempo.

Frequenza del suono

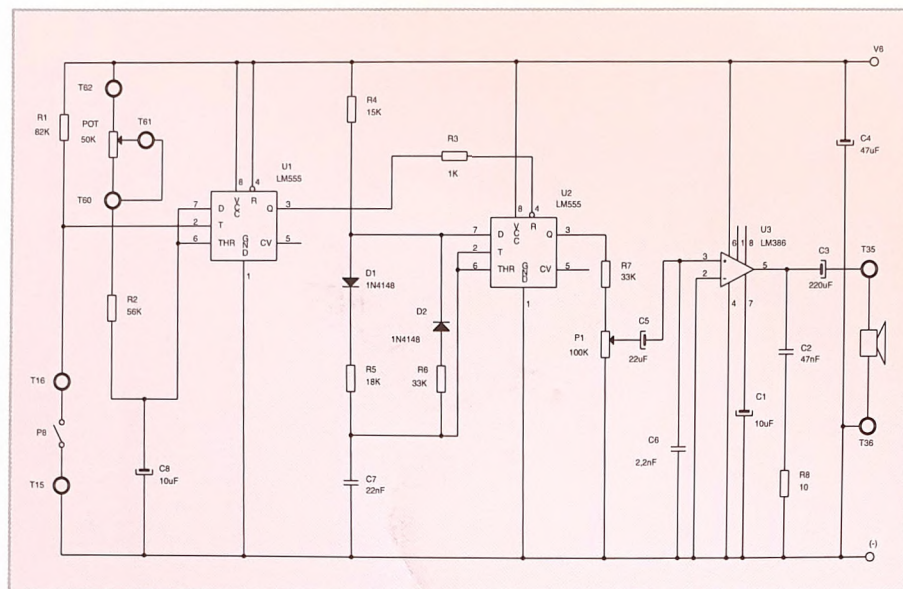
La frequenza del suono di uscita è abbastanza insistente; possiamo renderla ancora più acuta abbassando il valore di C7 fino a 10 nF.

Possiamo provare anche con altri valori più bassi. Possiamo ottenere l'effetto inverso, aumentandone la capacità. Per una capacità di 1µF otterremo un suono simile a quello di una raffica di mitragliatrice.

Tempo

Il tempo di attivazione del circuito viene regolato mediante il potenziometro POT. Per cambiarlo, possiamo variare il valore della resistenza R2 oppure la capacità del condensatore C8. Con una capacità maggiore si raggiungono tempi maggiori; raccomandiamo di provare con 22 µF, 47 µF e 100 µF. Superando quest'ultimo valore, saremo costretti ad inserire una resistenza in serie con il condensatore, per evitare di distruggere il transistor interno del circuito integrato. La resistenza influisce pochissimo sulla durata del suono.

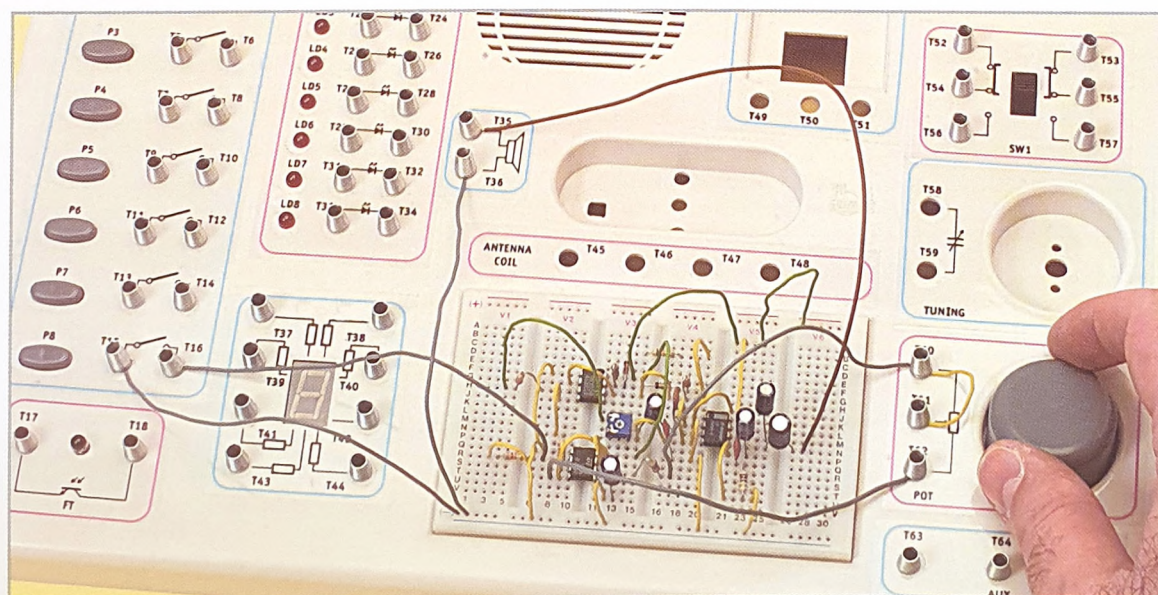
Suono su misura

Allarme acustico temporizzato

COMPONENTI	
R1	82 K
R2	56 K
R3	1 K
R4	15 K
R5	18 K
R6, R7	33 K
R8	10 Ω
P1	100 K
C1	10 µF
C2	47 nF
C3	220 µF
C4	47 µF
C5	22 µF
C6	2,2 nF
C7	22 nF
C8	10 µF
D1, D2	1N4148
U1, U2	555
U3	LM386
P8	
POT	
ALTOPARLANTE	

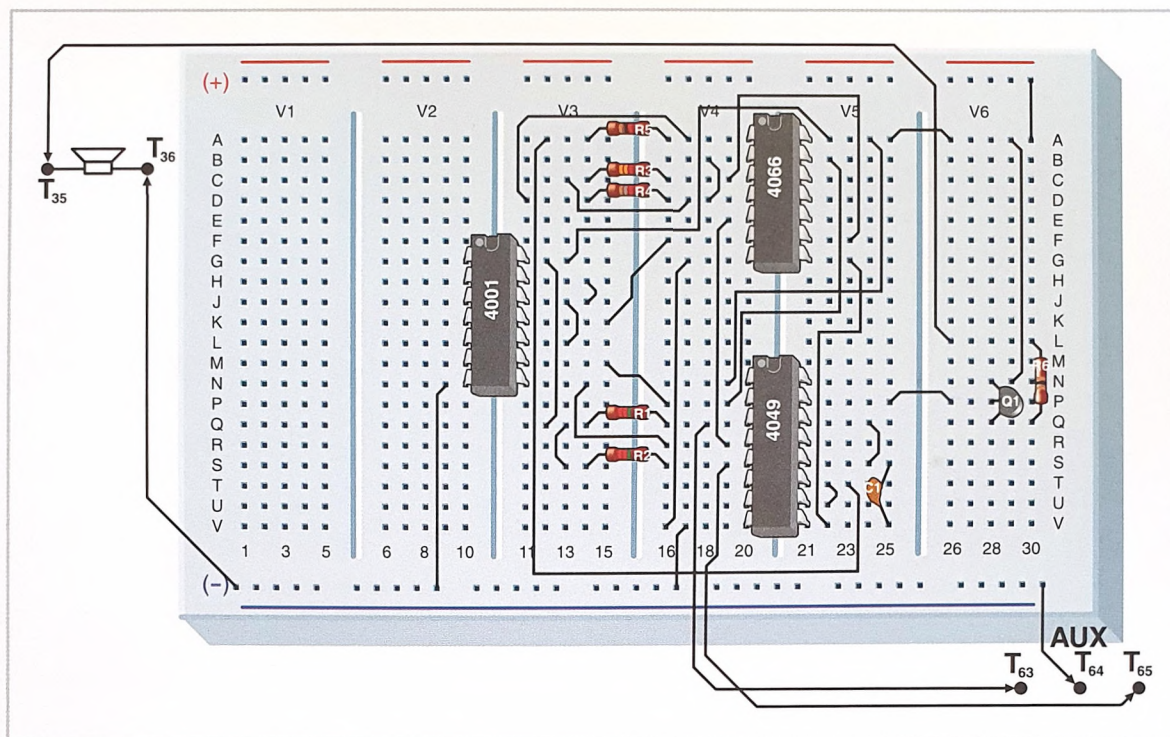
Esperimento 1

L'esperimento più facile consiste nell'utilizzare diversi valori per il condensatore C7. Possiamo anche togliere la connessione tra la resistenza R3 e il terminale 4 di U2 e portare la connessione al terminale 5 di U2. Perché il circuito emetta un suono, si unisce il terminale 4 di U2 al positivo dell'alimentazione V6, di modo che il monostabile moduli il segnale di U2 invece che collegarlo e scollegarlo.

Esperimento 2

Questo circuito può essere alimentato anche tra V4, V5 e V6. Risulta di grande interesse verificare la sua influenza e soprattutto vedere come distorce il segnale audio quando il volume selezionato grazie a P1 è elevato.

Il circuito emette uno sgradevole suono acuto della durata di circa 1 secondo.

Speciale generatore tattile a due toni

I pulsanti vengono sostituiti da due contatti.

Questo circuito consiste di un generatore a due toni che si attivano a piacere premendo con due dita, e unendo T63 a T64 o T65 a T64. Utilizza come sensore l'entrata di un inverter CMOS mentre un interruttore elettronico controlla l'oscillatore.

Il circuito

Il circuito si attiva quando si uniscono con le dita i terminali T63 e T64 oppure i terminali T65 e T64. Premendo l'entrata della porta, l'uscita corrispondente cambia di livello. Quando non si tocca l'entrata di queste porte si mantiene un livello alto grazie alle resistenze R1 e R2. Le uscite si collegano agli ingressi di controllo degli interruttori elettronici U3A e U3B, per cui questi staranno aperti fino a quando non li si preme. In questa situazione, l'oscillatore formato dalle porte U1D e U1E non oscillerà. Se uniamo T63 e T64 o T65 e T64 si chiuderanno rispettivamente U3A e U3C. Ciò farà cambiare la resistenza dell'oscillatore e pertanto anche la sua frequenza e il tono dell'uscita. Il segnale di uscita dell'oscillatore si collega a un transistor che si unisce direttamente all'altoparlante.

Funzionamento

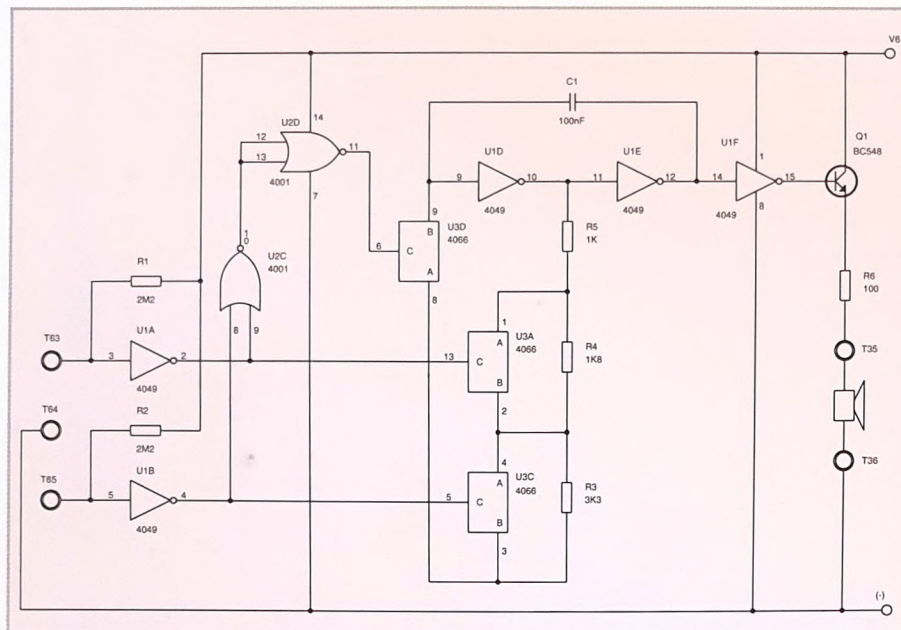
Il circuito, una volta alimentato, non oscillerà a nessuna frequenza perché l'interruttore integrato U3D sta bloccando il funzionamento dell'oscillatore. Quando tocchiamo T63 e T64 o T65 e T64 si attiveranno rispettivamente U3A e U3B. In stato di riposo, la resistenza dell'oscillatore sarà pari alla somma di R3 + R4 + R5.

Quando si attiva U3C, la resistenza dell'oscillatore sarà R4 + R5. Quando si attiva U3A, la resistenza sarà pari a R5 + R3. Se si attiveranno solamente le due resistenze sarà invece uguale a R5. Questa variazione della resistenza produrrà un cambiamento della frequenza di uscita, per cui avremo un mini-organetto di due toni che il transistor Q1 provvederà ad amplificare.

Ogni azionamento attiverà un commutatore elettronico

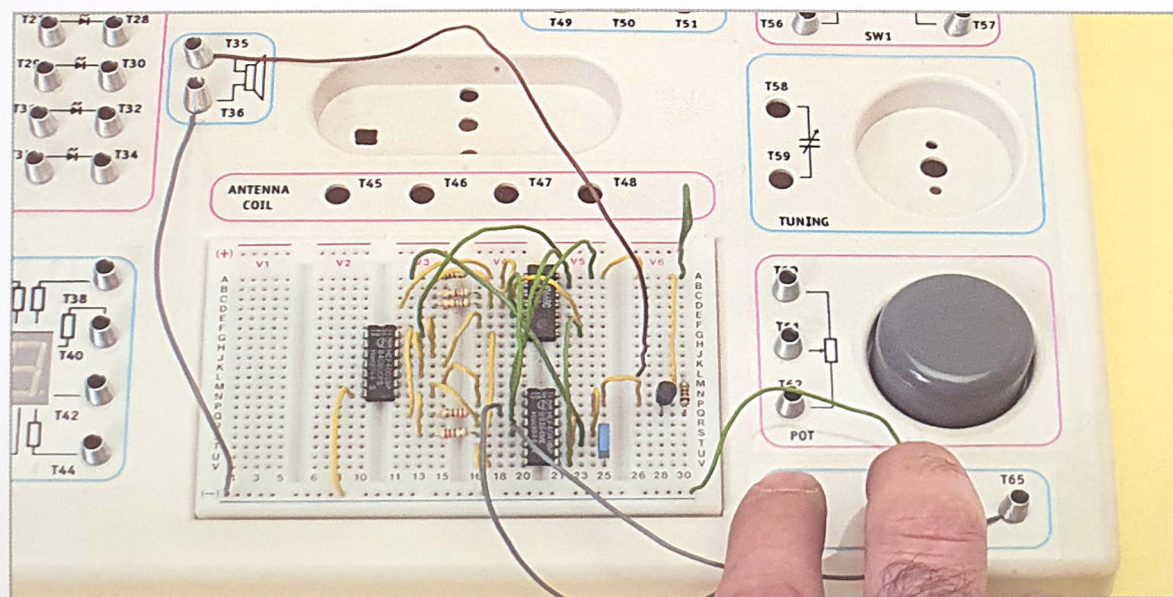
Messa in funzione

Una volta collegato il circuito ai 9 Volt, questo non deve

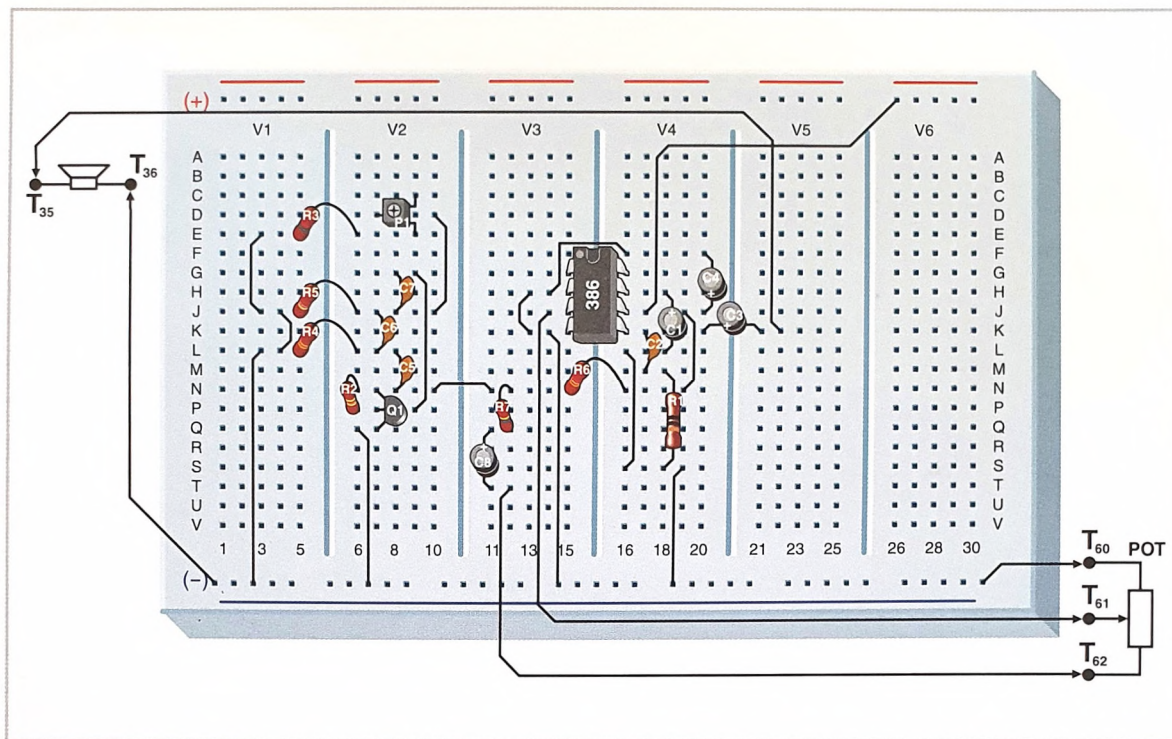
Speciale generatore tattile a due toni

COMPONENTI	
R1, R2	2M2
R3	3K3
R4	1K8
R5	1K
R6	100 Ω
C1	100 nF
Q1	BC548
U1	4049
U2	4001
U3	4066
ALTOPARLANTE	

suonare, perché l'oscillatore è bloccato. Se dovesse suonare, dovremo rivedere tutte le connessioni delle resistenze R1 e R2 e quelle delle porte di U2. Se malgrado ciò continuasse a suonare, revisioneremo le connessioni di U3D. Agendo sui pulsanti attivati a tatto, la frequenza dell'oscillatore deve necessariamente cambiare; in caso contrario, riguarderemo le connessioni di U3A e di U3C. Se non dovesse funzionare niente, verificheremo con attenzione la posizione del transistor di uscita.

Esperimenti

Possiamo cambiare la frequenza di uscita delle pulsazioni mutando il valore della resistenza R5 o del condensatore C1. Se ne volessimo variare solamente una cambieremo R3 o R4.

Il commutatore U3D blocca l'oscillatore.

Generatore RC da 300 Hz

Tipico generatore di onda sinusoidale a bassa frequenza.

Questo circuito corrisponde a una configurazione molto usata in elettronica e grazie alla quale si ottiene un'onda sinusoidale. Osservando lo schema, vediamo che è composto da due distinte parti: una è ormai conosciutissima, è un amplificatore audio con il suo corrispondente potenziometro per la regolazione del volume. Il segnale entra in questo circuito attraverso il terminale T62 del potenziometro (del volume). L'amplificatore si utilizza per amplificare il segnale che il generatore, che stiamo per descrivere e che costituisce l'altra parte del circuito, produce.

L'oscillatore

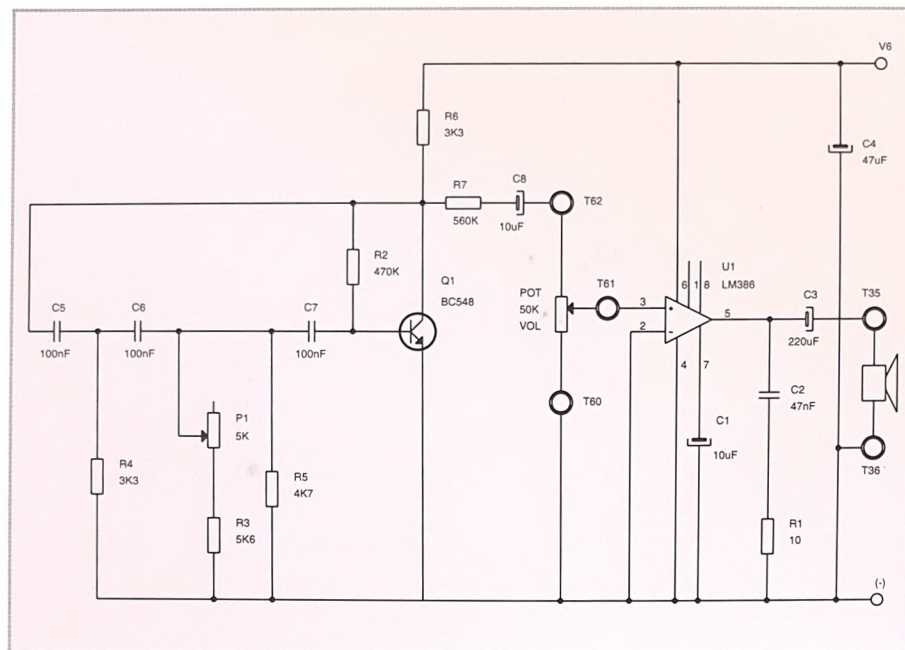
Questo oscillatore ha come elemento attivo un transistor che viene polarizzato con la resistenza della base R2 e quella del collettore R6; l'uscita del circuito è presa sul collettore del transistor e per disaccoppiarla in continua dallo stadio amplificatore si utilizza il condensatore C8. Si fa oscillare il circuito retroazionando parte del segnale di uscita verso l'entrata. La suddetta retroazione viene realizzata attraverso una rete sfasatrice RC formata dai condensatori C5, C6 e C7 e la resistenza R4, la resistenza che risulta dall'associazione P1-R3-R5 e la resistenza interna che presenta la base del transistor.

Logicamente nello schema non viene rappresentata. In questo tipo di circuiti, per contenere le distorsioni, e per far sì che l'uscita sia il più possibile sinusoidale, la retroazione e la polarizzazione del transistor vanno calcolati con attenzione affinché l'oscillatore entri in funzione nel modo corretto. Se il guadagno è eccessivo, questo tipo di oscillatore oscilla più facilmente, ma il segnale si distorce.

La verifica

Un oscillatore audio presenta il vantaggio di poter essere "provato" a orecchio; è facilissimo, cioè, verificarne l'uscita ascoltando il suono quando il segnale viene applicato all'altoparlante. In questo caso, il segnale viene amplificato in un amplificatore progettato anche per lavorare nella banda audio. Una volta montato l'esperimento, ritoccheremo il potenziometro P1 per ottenere una regolazione della frequenza più precisa.

Tono da 300 Hz

Generatore RC da 300 Hz

COMPONENTI	
R1	10 Ω
R2	470 K
R3	5K6
R4, R6	3K3
R5	4K7
R7	560 K
P1	5 K
C1, C8	10 µF
C2	47 nF
C3	220 µF
C4	47 mF
C5, C6, C7	100 nF
Q1	BC548
U1	LM386
POT	
ALTOPARLANTE	

Esperimento 1

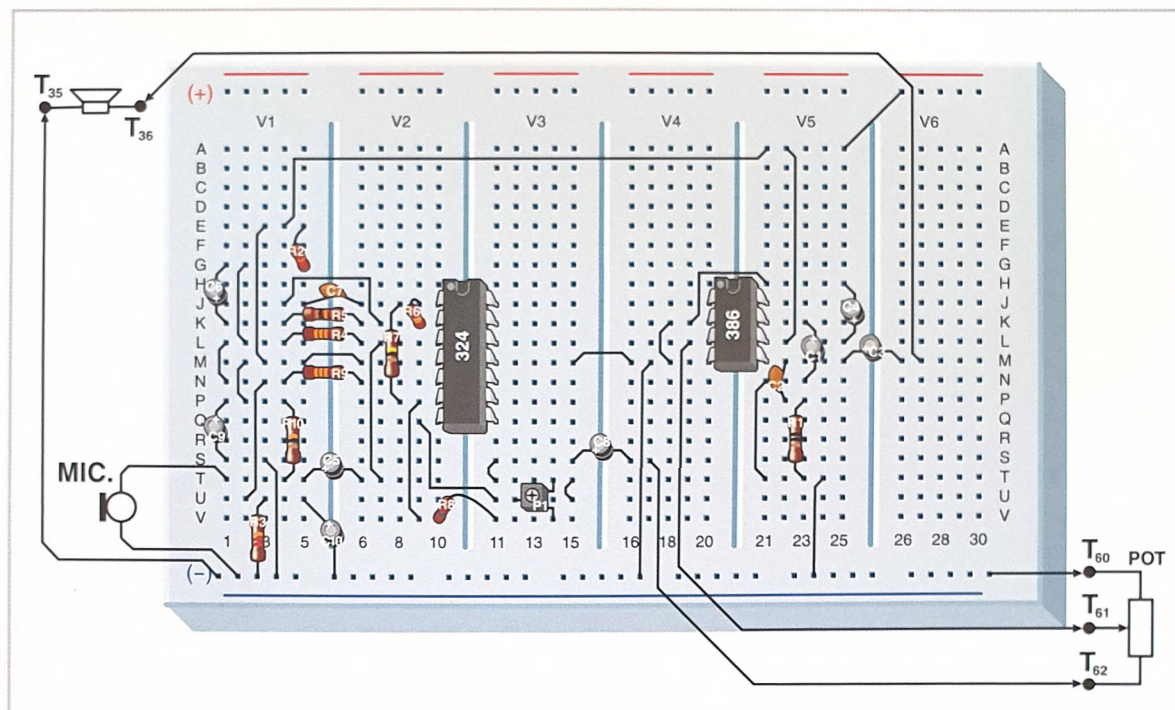
Aumentando il valore della capacità dei condensatori C5, C6 e C7, la frequenza dell'uscita diminuisce e viceversa. Possiamo modificare anche i valori delle resistenze R4, R3 e R5 e vedere come cambia la frequenza.

Il suono si ascolta dall'altoparlante, la frequenza si regola grazie al potenziometro P1.

Esperimento 2

Disponendo di un amplificatore audio, non è necessario montare il circuito integrato e i componenti ad esso associati. Si può utilizzare, per esempio, l'amplificatore di un apparecchio hi-fi, ma se lo si fa, si devono prendere alcune precauzioni. La connessione verrà realizzata nella presa LINE IN dell'amplificatore, o IN AUX, a seconda del modello dell'amplificatore. Sconsigliamo di utilizzare le entrate del microfono o del giradischi, per quegli apparecchi che ancora lo utilizzano. Il cavo di connessione deve essere schermato, la calza o lo schermo vanno uniti al terminale T60 e il conduttore interno al terminale T61, in maniera tale che si possa regolare il livello di uscita mediante il comando del volume. Quando lo si connette o sconnette, il comando del volume dell'amplificatore utilizzato deve essere regolato al minimo, perché gli sbalzi di tensione se il volume fosse troppo alto, potrebbero essere forti e danneggiare gli altoparlanti.

Sistema audio di amplificazione

I suoni captati da un microfono vengono amplificati e possono essere ascoltati da un altoparlante.

Questo circuito contiene degli elementi base di un megafono: l'unica differenza sta nel fatto che questo è un sistema sperimentale in miniatura. Il suono viene captato da un microfono; mentre il segnale erogato è debolissimo e viene portato a un preamplificatore da microfono: la sua uscita, a sua volta, viene portata a un amplificatore audio di potenza, la cui uscita eccita direttamente un altoparlante.

Il microfono

Il microfono utilizzato è del tipo "electret a due terminali". Questo tipo di microfono ha bisogno di alimentazione; i modelli a due terminali hanno un terminale di massa, che normalmente si collega al negativo dell'alimentazione, mentre l'altro terminale viene usato per assolvere a due funzioni. Attraverso di esso riceve l'alimentazione della corrente continua ed eroga il segnale elettrico corrispondente al segnale audio captato. Se osserviamo lo schema, la resistenza R10 viene impiegata per portare la corrente di alimentazione al microfono, mentre il segnale elettrico erogato viene estratto per mezzo del condensatore C5, che, oltretutto, lo separa dall'alimentazione continua.

Sistema di amplificazione in miniatura

Il preamplificatore

In genere, i microfoni erogano segnali molto deboli e non hanno il livello sufficiente per essere applicati all'ingresso di un amplificatore di potenza. È necessario, quindi, inserire tra i due un preamplificatore audio. Dato che è una denominazione abbastanza lunga, in italiano per comodità la si abbrevia a "pre-ampli" o semplicemente a "pre".

Se osserviamo lo schema, vediamo che esso è composto da due amplificatori operazionali. Il primo dei due, U2A, è configurato come amplificatore non invertente che utilizza un'alimentazione simmetrica, e viene fatto funzionare in un punto di lavoro posto a metà rispetto ai valori di alimentazione. Riusciamo a ottenere ciò con un partitore di tensione formato dalle resistenze R2 e R3. Il guadagno di questo stadio è, teoricamente, 34: lo si ottiene dividendo il valore della resistenza R6 per quello della resistenza R5 e sommando 1 al risultato della precedente divisione. Il

Sistema audio di amplificazione

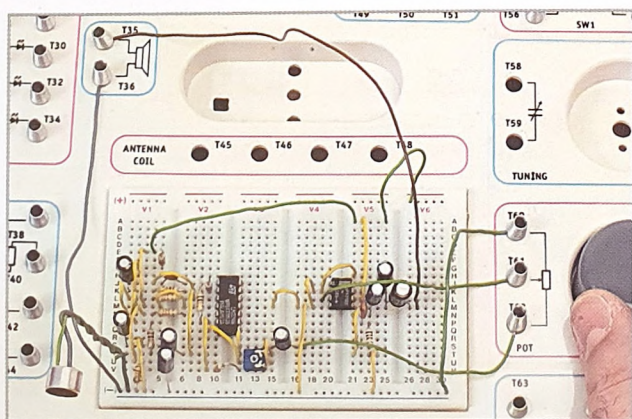
COMPONENTI	
R1	10 Ω
R2, R3	22 K
R4, R9	33 K
R5, R7, R10	10 K
R6	330 K
R8	5K6
P1	100 K
C1, C5	10 µF
C2	47 nF
C3	220 µF
C4	47 µF
C6	2,2 µF
C7	22 pF
C8, C9	22 µF
C10	47 µF
U1	LM386
U2	LM324
MICRO	
POT	
ALTOPARLANTE	

secondo stadio è un amplificatore invertente il cui guadagno può essere approssimativamente regolato tra 0,5 e 10 mediante il cursore del potenziometro P1. Il segnale di uscita di questo circuito ha una componente continua il cui valore è circa la metà rispetto alla tensione di alimentazione, che viene eliminata con il condensatore di disaccoppiamento C8.

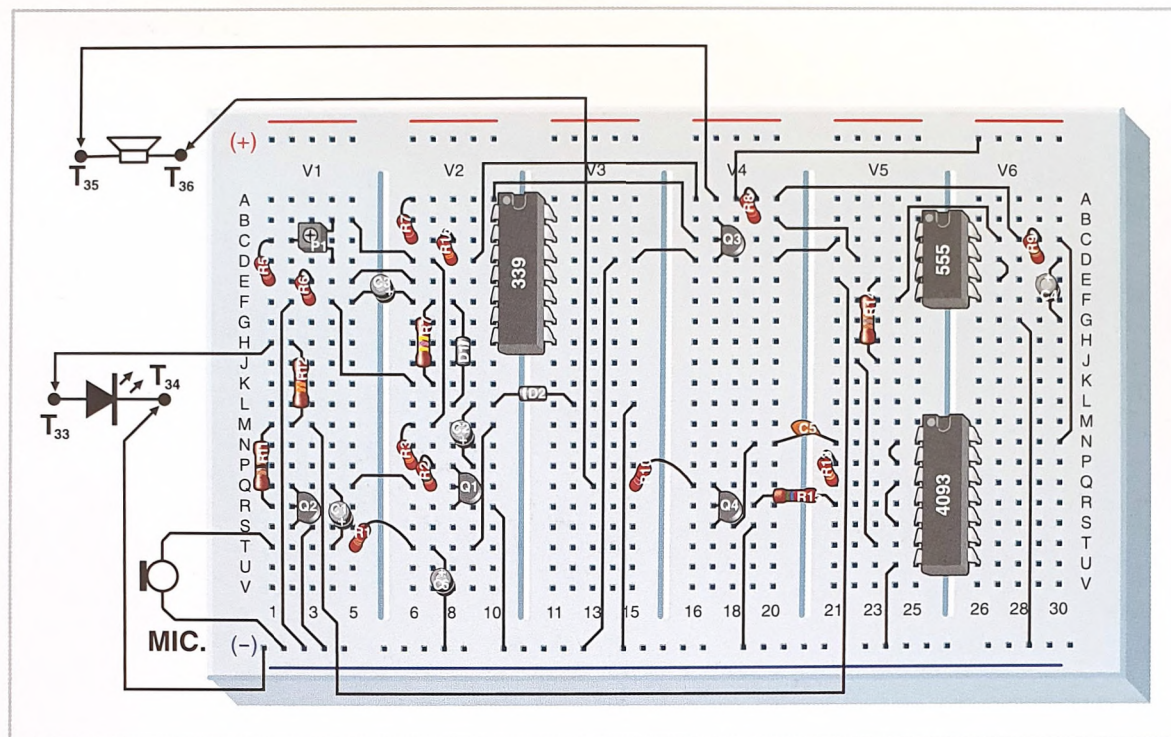
L'amplificatore di potenza

L'amplificatore di potenza si collega al preamplificatore inserendo il potenziometro del volume. Quest'ultimo – il POT – viene utilizzato per il volume, ma prima bisogna regolare P1 perché il livello applicato all'ingresso dell'amplificatore sia sufficiente. Un livello eccessivo, infatti, distorcerebbe il segnale audio che potrebbe arrivare già compromesso all'ingresso dell'amplificatore.

L'esperimento

Perché l'esperimento possa svolgersi correttamente, il terminale di massa del microfono va unito al terminale negativo (-) e l'altro alla connessione tra R10 e C5. Il comando del potenziometro P1 deve essere a metà circa del suo percorso e il POT deve essere regolato al minimo. Il microfono deve essere orientato verso l'esterno del laboratorio in modo che possa captare la minor parte possibile del suono emesso dall'altoparlante. In seguito, e parlando vicino al microfono, si alzerà il volume fino ad ascoltare la voce dall'altoparlante. Se continuiamo ad aumentare il volume, il microfono capterà il suono dell'altoparlante e inizierà a fischiare, si produrrà cioè l'effetto Larsen. Ciò è dovuto alla vicinanza dell'altoparlante: si tratta, infatti, di un modello sperimentale. Se si dispone di un cavo di circa 3 metri e di un altoparlante da 8 Ω, li si può utilizzare al posto del cavo del laboratorio. Si porteranno le connessioni ai morsetti ausiliari e l'altoparlante in un'altra stanza. Potremo, ora, alzare il volume e riuscire a garantire un funzionamento senza suoni accoppiati.

Minisistema completo di amplificazione audio.

Allarme per rumore

Mantiene un allarme acustico temporizzato dopo aver captato il rumore.

Quando il suono captato dal microfono ha un livello sufficiente – lo si può regolare – accende un generatore che eccita un altoparlante il quale emette un suono di avviso che dura approssimativamente due secondi.

Contemporaneamente, inoltre, esso accende un LED e disattiva il microfono per evitare che quest'ultimo, captando il rumore dell'allarme, mantenga il circuito costantemente attivo.

Il preamplificatore

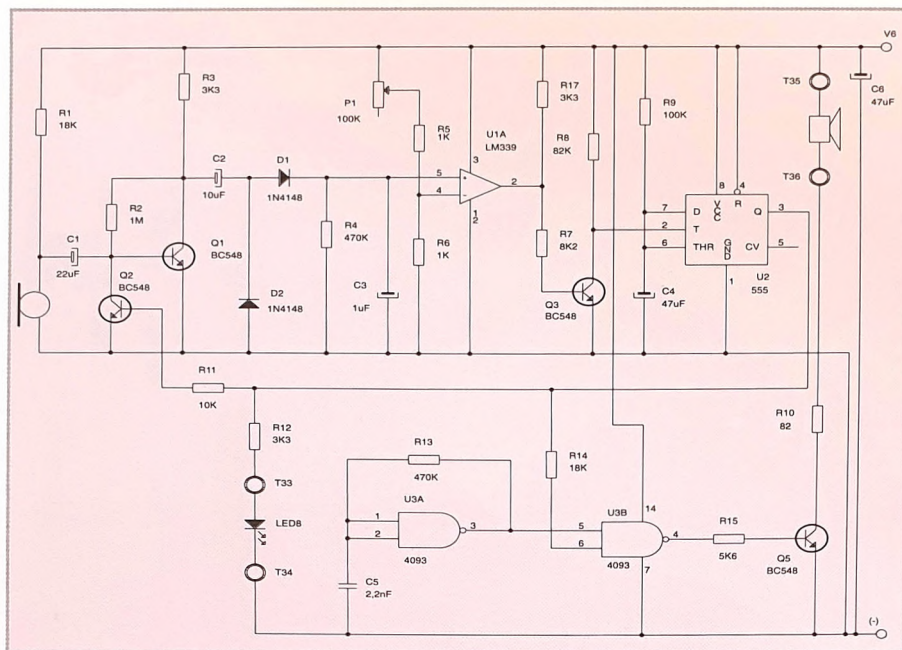
Il pre dell'amplificatore è formato dal transistor Q1 e dalle resistenze di polarizzazione della base e dell'emettitore, rispettivamente R2 e R3. I condensatori C1 e C2 disaccoppiano la polarizzazione del transistor in corrente continua.

Rilevatore di livello

Il segnale elettrico generato dal suono captato viene applicato al diodo D1. Il circuito rettifica questo segnale e carica il condensatore C3, quando la tensione tra i morsetti di quest'ultimo supera la tensione regolata nel terminale 4 del comparatore; la sua uscita passa a livello alto, polarizza la base del transistor Q3 e accende il monostabile formato con un 555. A sua volta, l'uscita di questo monostabile, mediante la resistenza R14, attiva la porta U3B e il segnale del generatore formato dalla porta U3A passa ad eccitare il transistor Q5: dall'altoparlante potremo ascoltare un tono acuto di allarme. Contemporaneamente, mediante la resistenza R12, si polarizza il diodo LED LD8 che si illumina.

Manca, però, ancora una parte molto importante, se non evitiamo che il microfono capti il suono di allarme, il circuito non cesserà mai di suonare. Per questo si utilizza il transistor Q2: quando la sua resistenza di base R11 riceve un livello alto porta a massa, cioè verso il negativo, il segnale captato dal microfono impedendone in pratica il funzionamento. La resistenza R4 scarica il condensatore in assenza del suono; questa resistenza è necessaria perché l'impedenza d'ingresso del comparatore è altissima e la sua corrente è così piccola che non riuscirebbe a scaricare il condensatore una volta che quest'ultimo sia stato caricato.

Scollega il microfono

Allarme per rumore

COMPONENTI	
R1, R14	18 K
R2	1M
R3, R12, R17	3K3
R4, R13	470 K
R5, R6	1 K
R7	8K2
R8	82 K
R9	100 K
R10	82 Ω
R11	10 K
R15	5K6
P1	100 K
C1	22 µF
C2	10 µF
C3	1 µF
C4, C6	47 µF
C5	2,2 nF
D1, D2	1N4148
Q1, Q2, Q3, Q5	BC548
U1	LM339
U2	555
U3	4093
MICRO	
POT	
ALTOPARLANTE	

La verifica

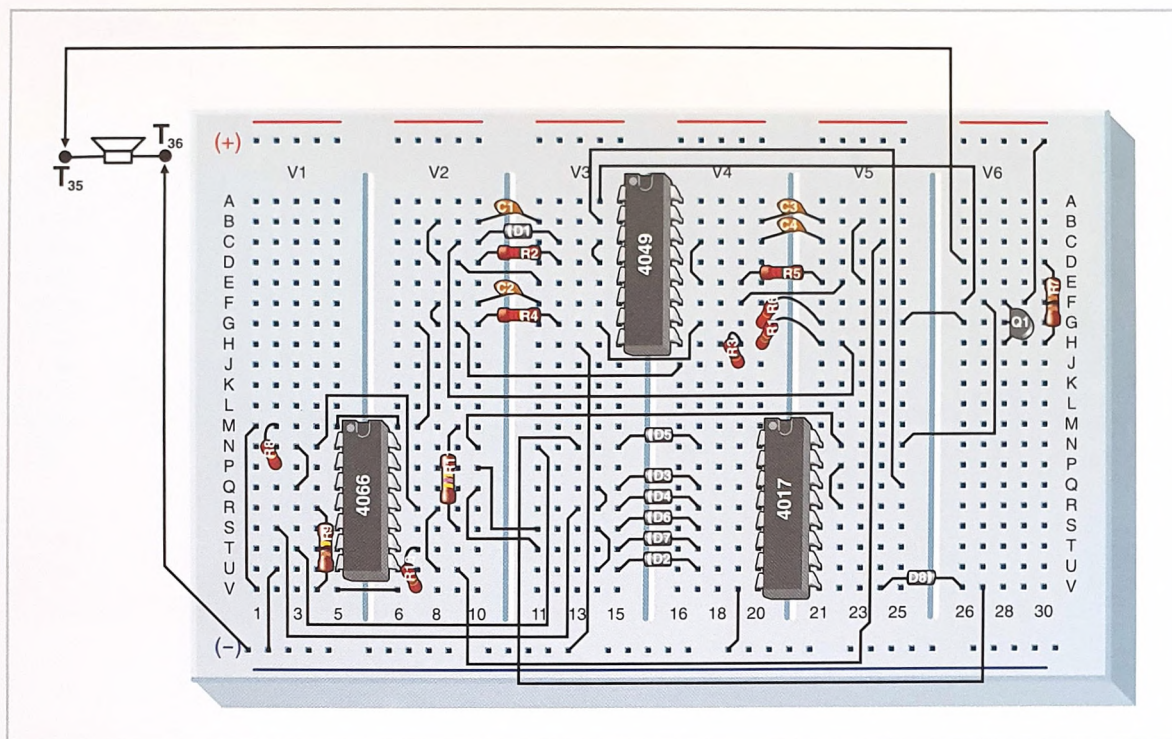
Prima di collegare l'alimentazione al circuito, rivedremo tutte le connessioni e regoleremo il cursore del potenziometro P1 a metà circa del suo percorso. Quando collegheremo l'alimentazione, il circuito emetterà un suono che dura per un determinato lasso di tempo; aspetteremo alcuni secondi fino a quando cesserà e allora parleremo davanti al microfono oppure schioccheremo le dita e il circuito tornerà ad emettere un suono acuto ancora per un altro lasso di tempo. Potrebbe essere che il circuito sia poco sensibile oppure, al contrario, troppo sensibile; regoleremo la sensibilità con il potenziometro P1. Se il circuito non funziona, dovremo rivedere tutte le connessioni, verificando soprattutto la collocazione dei transistor.

L'altoparlante emette un suono, indicando così di aver captato un rumore.

Esperimento

Per verificare velocemente il circuito, possiamo sostituire il condensatore C4 con un altro da 1µF, col quale si riduce molto la durata del suono. Se si desidera avere un allarme luminoso possiamo inibire il funzionamento dell'oscillatore collegando il terminale 6 di U3 al negativo dell'alimentazione. Se, invece, volessimo cambiare il tono di allarme possiamo cambiare la capacità del condensatore C5 abbassandola per diminuire la frequenza o, viceversa, alzandola, per aumentarla.

Imitatore digitale del canto di un volatile

Questo circuito utilizza diversi oscillatori e anche un contatore.

Il circuito cerca di simulare il canto di un volatile. A tale scopo, è stato disposto un circuito con vari oscillatori a frequenza fissa: a seconda delle uscite del contatore, varierà la sua frequenza. In questo modo, riusciamo a fare sì che il suono emesso dall'altoparlante sia simile al canto di un uccello.

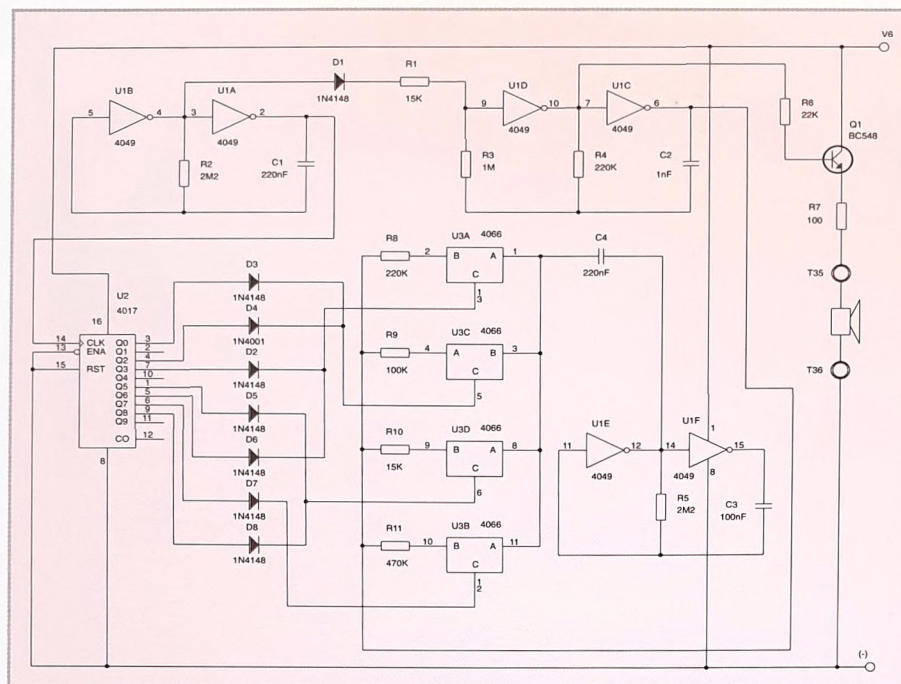
Il circuito

Il circuito è costituito da tre oscillatori costruiti con delle porte invertenti di un 4049. Il primo è formato dalle porte U1A e U1B. Questo oscillatore ha una frequenza bassissima e si utilizza come segnale di clock del contatore 4017. Il secondo degli oscillatori è costruito con le porte U1C e U1D e genera il tono udibile ad alta frequenza. L'ultimo degli oscillatori è quello costruito con le porte U1E e U1F. Questo oscillatore varia la propria frequenza di oscillazione in funzione dell'uscita attiva del contatore U2 e modula l'uscita del secondo oscillatore. In questo modo, l'uscita dell'altoparlante "suonerà" come il canto di un uccello e non come una semplice sequenza di toni. Le uscite del contatore sono rese indipendenti grazie all'utilizzo di alcuni diodi. Così, diverse uscite possono attivare un medesimo interruttore elettronico senza influenzare il funzionamento dell'integrato. I quattro interruttori elettronici del 4066 servono per cambiare la frequenza del segnale di uscita del terzo oscillatore: si cambia la resistenza tra il condensatore C4 e il secondo oscillatore.

Funzionamento

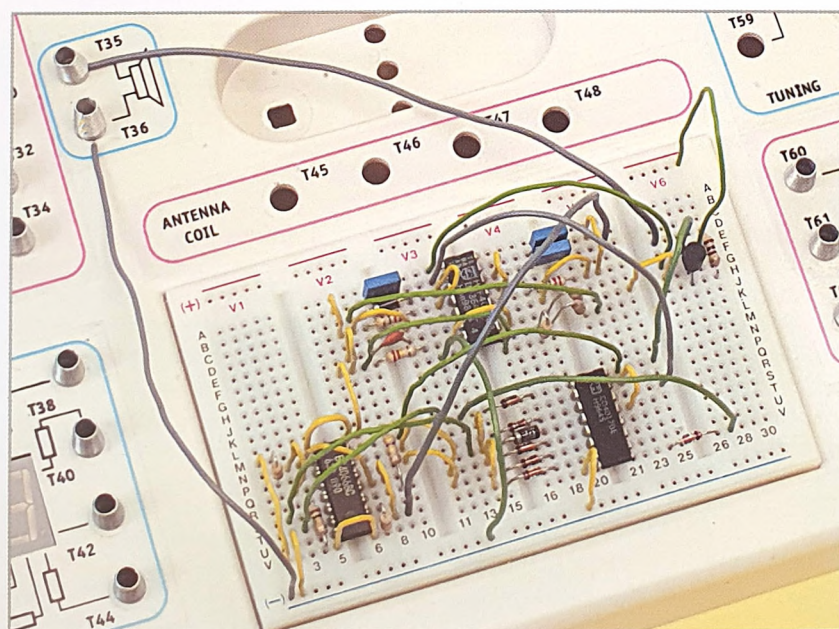
Il circuito funziona in maniera sequenziale, una volta alimentati, gli oscillatori funzioneranno in maniera continuativa, per cui il contatore attiverà un'uscita dopo l'altra e si attiveranno gli interruttori elettronici del 4066, cambiando la frequenza del terzo oscillatore che modula il secondo. Perciò, nell'altoparlante si sentirà un segnale che avrà fino a cinque toni diversi e che suonerà con diverse combinazioni a seconda della disposizione dei diodi posti all'uscita del contatore. Il risultato finale dell'uscita non è un suono monotono, ma molto vario.

Un contatore segna la frequenza

Imitatore digitale del canto di un volatile

COMPONENTI	
R1, R10	15 K
R2, R5	2M2
R3	1M
R4, R8	220 K
R6	22 K
R7	100 Ω
R9	100 K
R11	470 K
C1, C4	220 nF
C2	1 nF
C3	100 nF
D1, D2, D3, D5	
D6, D7, D8	1N4148
D4	1N4001
Q1	BC548
U1	4049
U2	4017
U3	4066
ALTOPARLANTE	

Messa in funzione

Prima di collegare l'alimentazione al circuito, è importantissimo verificare che tutte le uscite di U2 abbiano un diodo.

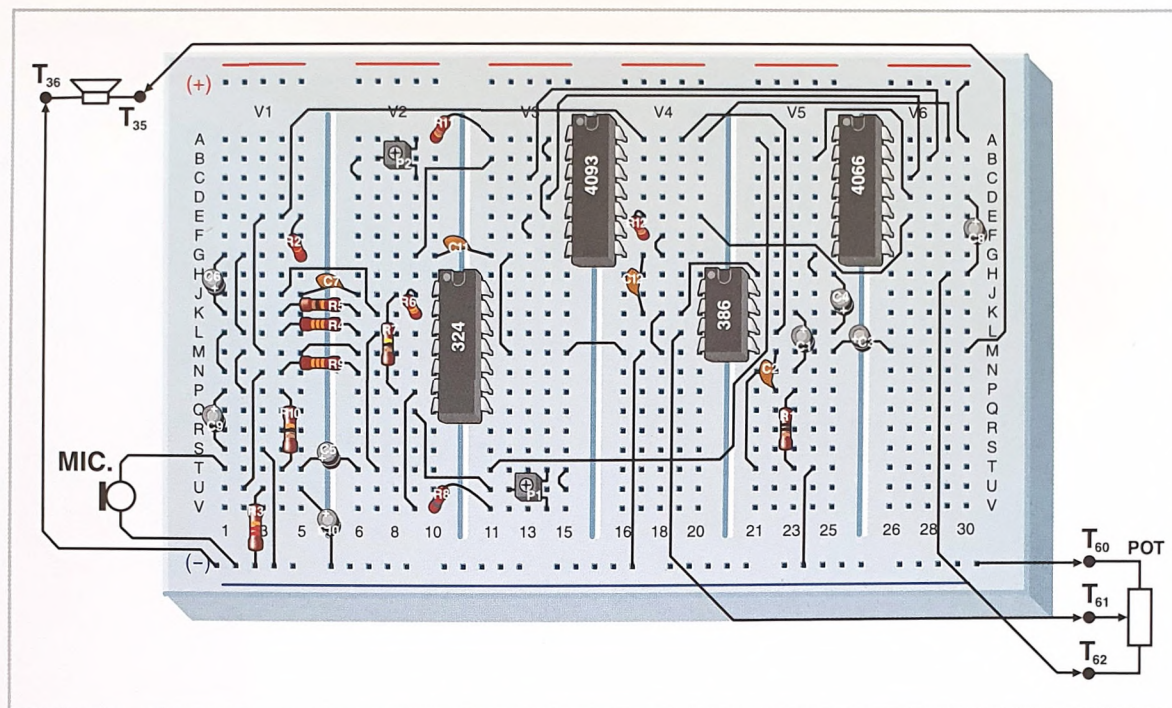
Se il circuito non dovesse funzionare anche con l'alimentazione collegata a V6, verificheremo, innanzitutto, le connessioni del transistor e, poi, la connessione di tutte le porte invertenti che costituiscono gli oscillatori. Il terminale positivo dell'alimentazione del 4066 è il 14, mentre il negativo è il 7.

Tre oscillatori e un contatore generano il suono.

Esperimenti

Possiamo cambiare il tono fondamentale di oscillazione, cambiando il valore della resistenza R4 e/o del condensatore C2. Per modificare qualsiasi tono, dovremo cambiare le resistenze dalla R8 alla R11.

Possiamo cambiare anche le connessioni dei diodi portandole a un altro interruttore elettronico: il suono cambierà. Non è consigliabile alterare i valori di C1 e di R2, a meno che non lo si faccia in maniera leggerissima, perché il ritmo è abbastanza ben riuscito.

Voce di robot

Imita il suono di voce metallico dei robot.

Il montaggio ha come ingresso un segnale-voce che proviene da un microfono; in seguito, lo si amplifica a basso livello. Il segnale viene spezzettato per mezzo di un interruttore elettronico. Il numero delle "tranches" è stabilito da un oscillatore astabile, ne ascolteremo l'effetto dagli altoparlanti.

Il circuito

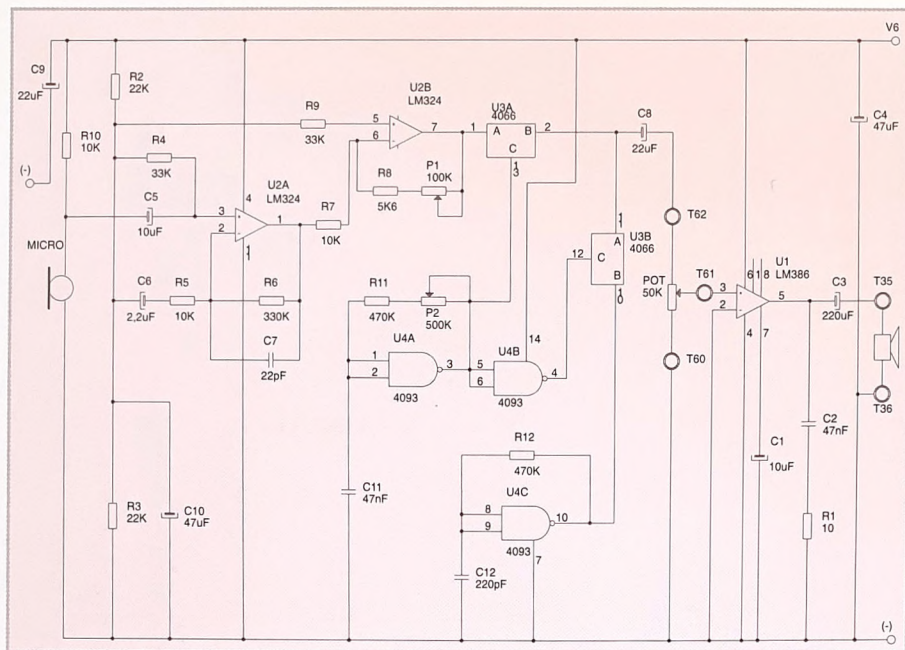
Il segnale captato dal microfono d'entrata si sovrappone a una tensione continua, stabilita dalle resistenze R2 e R3 da 4,5 Volt, per essere amplificato x10 nel primo stadio formato da U2A e i componenti "satelliti" che gli stanno intorno. In seguito, questo segnale si applicherà a U2B per essere nuovamente amplificato con un guadagno che potremo regolare grazie al potenziometro P1. Il segnale di uscita di questo amplificatore passa attraverso U3A – che è regolato da un oscillatore astabile costruito con U4A – di modo che il segnale nel terminale 2 di U3A sarà il segnale della voce d'entrata spezzettata a seconda del segnale dell'oscillatore astabile costruito con U4A.

Quando non c'è segnale di voce si introduce un tono ad alta frequenza generato con la porta U4C per migliorare l'effetto. I due segnali passano attraverso il condensatore C8, che eliminerà la tensione continua lasciando solamente il tono e la voce, per applicarla, poi, a un amplificatore audio costruito con l'LM386 che si collega direttamente all'altoparlante di uscita.

Funzionamento

Ciò che questo circuito vuole realizzare è ottenere un effetto sonoro lavorando sulla voce, simile al suono metallico dei robot nei film. Per riuscire a raggiungere questo risultato si dovrà spezzettare il segnale della voce, per cui si introdurrà un interruttore elettronico U3A che si attiverà e disattiverà e che sarà controllato da un'onda quadra che proviene dall'oscillatore costruito intorno a U4A. Quando si disattiva la voce, attivando U3B, si aggiunge un tono. Questo si ottiene utilizzando come segnale per attivare U3B il segnale invertito di U3A. Una volta ottenuto il segnale risultante, si amplifica per mezzo di un amplificatore audio costruito con U1.

Si spezzetta la voce per ottenere questo effetto

Voce di robot

COMPONENTI

R1	10 Ω
R2, R3	22 K
R4, R9	33 K
R5, R7, R10	10 K
R8	5K6
R11, R12	470 K
C1, C5	10 µF
C2	47 nF
C3	220 µF
C4	47 µF
C6	2,2 µF
C7	22 pF
C8, C9	22 µF
P1	100 K
P2	500 K
U1	LM386
U2	LM324
U3	4066
U4	4093
MICRO	
POT	
ALTOPARLANTE	

Messa in funzione

Il circuito ha tre regolazioni che descriveremo ora in dettaglio. Il potenziometro P1 serve ad evitare la distorsione del segnale – la voce – captato dal microfono.

È consigliabile regolare il cursore del potenziometro a metà circa, in seguito, una volta che il circuito diventa operativo, si può cambiare posizione per migliorare l'effetto sonoro. Il potenziometro P2 si usa per cambiare la frequenza del segnale spezzettato.

In realtà, è quello che genera effettivamente l'effetto della voce, per cui dovremo regolarlo, mentre parliamo nel microfono, fino ad ottenere un risultato per noi gradevole.

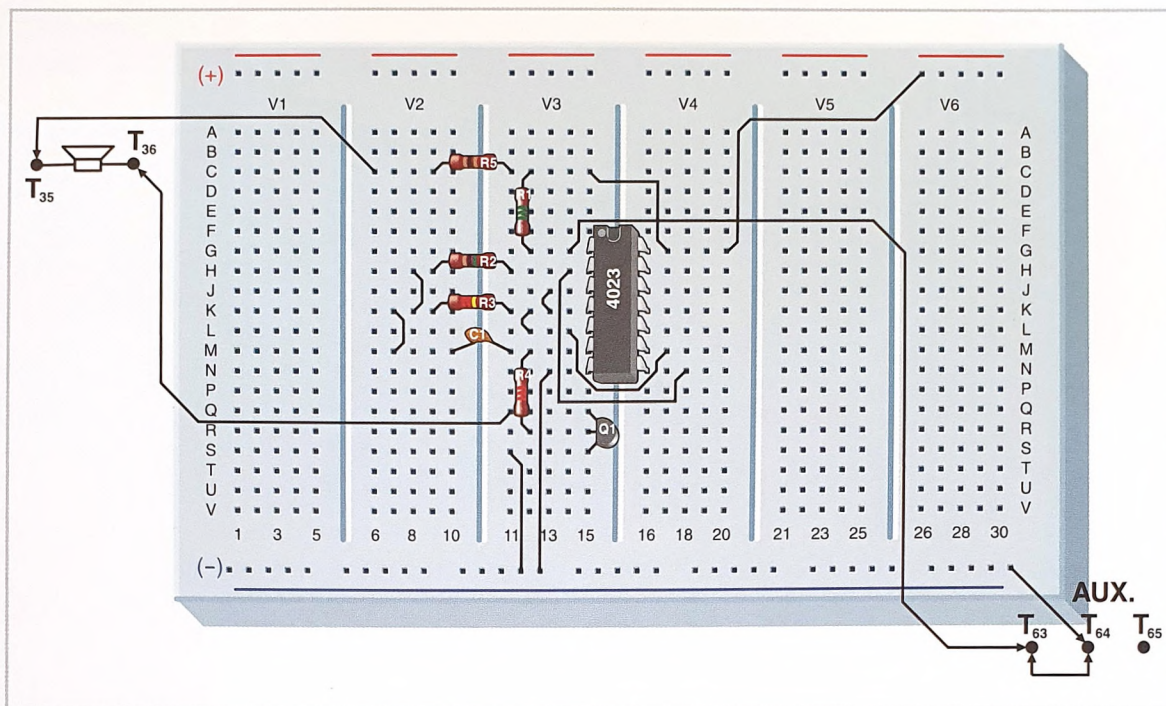
Infine, con il potenziometro POT possiamo controllare il volume dell'amplificatore audio U1.

Regoliamo P2 fino a quando riusciamo a ottenere il miglior effetto possibile.

Esperimenti

Il circuito è molto calibrato; questo significa che tutti i valori sono stati calcolati per un corretto funzionamento, e che non ci sono grandi margini per fare esperimenti o variazioni, anche se è possibile cambiare la frequenza dell'oscillatore che genera il segnale di spezzettamento e quello che genera il tono. Perciò si possono cambiare C11/R11 e/o C12/R12.

Sirena a tatto

Si fermerà quando la toccheremo con un dito.

Il circuito di questo esperimento non è altro che una sorta di campanello tattile. Perciò, è stato progettato un oscillatore controllato che si fermerà solamente quando tocchiamo il montaggio con un dito. Un altoparlante collegato al connettore è attivo e fa le veci di un campanello, anche se senza pulsante.

Il circuito

In stato di riposo, il circuito oscilla e, quindi, l'altoparlante suonerà. Ciò è dovuto al fatto che in questo stato la resistenza R1 tiene a livello alto il terminale 1 della porta U1A, per cui non influenzerà il funzionamento normale dell'oscillatore, il cui segnale di uscita polarizzerà il transistor Q1. Invece, quando facciamo contatto con il dito tra i terminali T63 e T64 il livello nell'entrata di questa porta diventerà basso, per cui si forzerà la porta U1A ad un livello alto di uscita. Questo, a sua volta, forzerà l'uscita di U2B ad un livello basso, fermando l'oscillazione; a questo punto, nella base del transistor ci sarà un livello basso, che lo manderà in interdizione, impedendo alla corrente di passare, di conseguenza cesserà il fischio nell'altoparlante.

Un oscillatore produrrà il suono

Funzionamento

Il grande problema che comporta l'introduzione di elementi meccanici nei circuiti è che questi ultimi con il passare del tempo si guastano e tendono a rovinarsi prima rispetto ai componenti elettronici dello stesso circuito.

Per evitare che questo inconveniente si verifichi, in questo circuito abbiamo scelto un'attivazione tattile.

Abbiamo perciò approfittato dell'alta impedenza d'entrata delle porte CMOS, di modo che toccando con il dito tra i due contatti farà sì che questa entrata vada a livello basso e tutto il circuito si fermi.

Messa in funzione

Il montaggio non è eccessivamente complesso, tuttavia, dovremo fare attenzione ai componenti dotati di polarità. In questo caso, si tratta solamente del transistor Q1 e del circuito integrato stesso.

Per quest'ultimo dovremo prestare attenzione alla connessione dei suoi terminali di alimentazione. Non dobbiamo dimenticarci di porre la

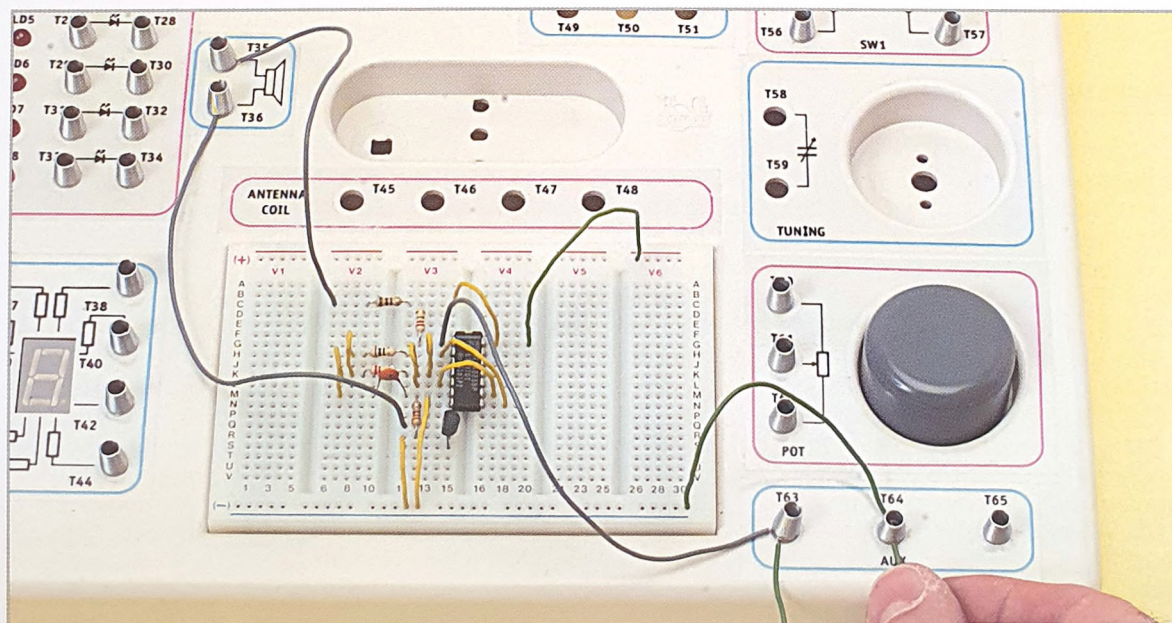
Sirena a tatto

COMPONENTI	
R1	2M2
R2	1 M
R3	220 K
R4	2K2
R5	100 Ω
C1	1 nF
Q1	BC338
U1	4023
ALTOPARLANTE	

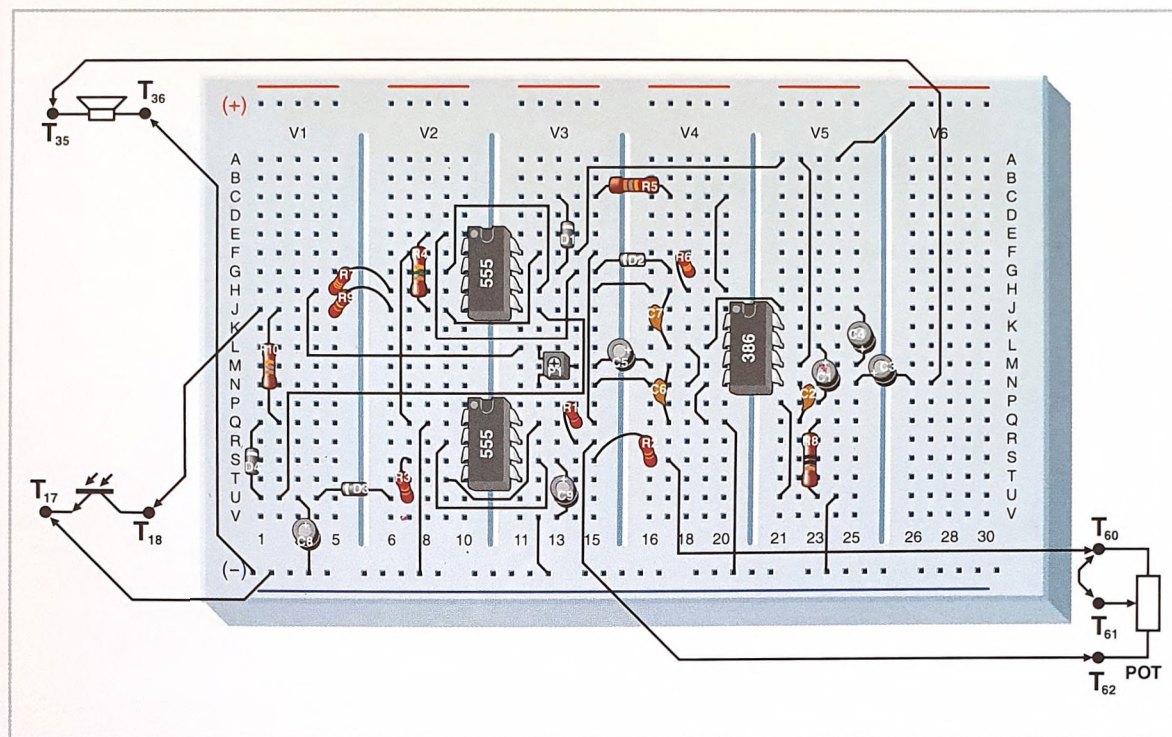
resistenza R5 che limiterà la corrente attraverso il collettore evitando la distruzione del transistor.

Esperimenti

Uno degli esperimenti che si possono realizzare è cambiare la frequenza dell'oscillatore, in questo modo cambierà il suono che si produce nell'altoparlante. Perciò, si dovrà modificare il valore della resistenza R3 o del condensatore C1.

Si può anche aumentare il livello sonoro nell'altoparlante semplicemente abbassando il valore della resistenza R4.

L'altoparlante smette di suonare quando si tocca lo spazio tra T63 e T64.

Sirena modulata per mezzo della luce

L'uscita dell'oscillatore viene modulata per mezzo della luce e di un oscillatore ausiliare.

Il circuito costituisce una variante dell'esperimento AUDIO 41 e consiste in un oscillatore astabile modulato con il segnale di uscita di un altro astabile e con il livello della luce che il fototransistor riceve.

Questo circuito presenta il vantaggio che i suoi effetti possono venire verificati molto facilmente senza la necessità di utilizzare degli strumenti; basta disporre di un amplificatore audio, dotato del controllo del volume per poter ascoltare il suono generato nell'altoparlante del laboratorio. In questo modo, rispetto all'esperimento AUDIO 41, aumentano le possibilità di generare il suono, perché si dispone di un circuito raccomandato soprattutto per chi non dispone di strumenti ed è appassionato nella generazione dei suoni. Possiamo cambiare molti componenti e moltiplicare il numero degli esperimenti proprio come spiegheremo di seguito.

Il circuito

L'oscillatore è simile a quello presentato in AUDIO 41, quindi la spiegazione non sarà ripetuta, ma commenteremo solamente la parte che differisce. Ricordiamo che la frequenza principale viene generata nel circuito U2 e che la tensione che si riceve nel suo terminale 5 è quella che produce la modulazione.

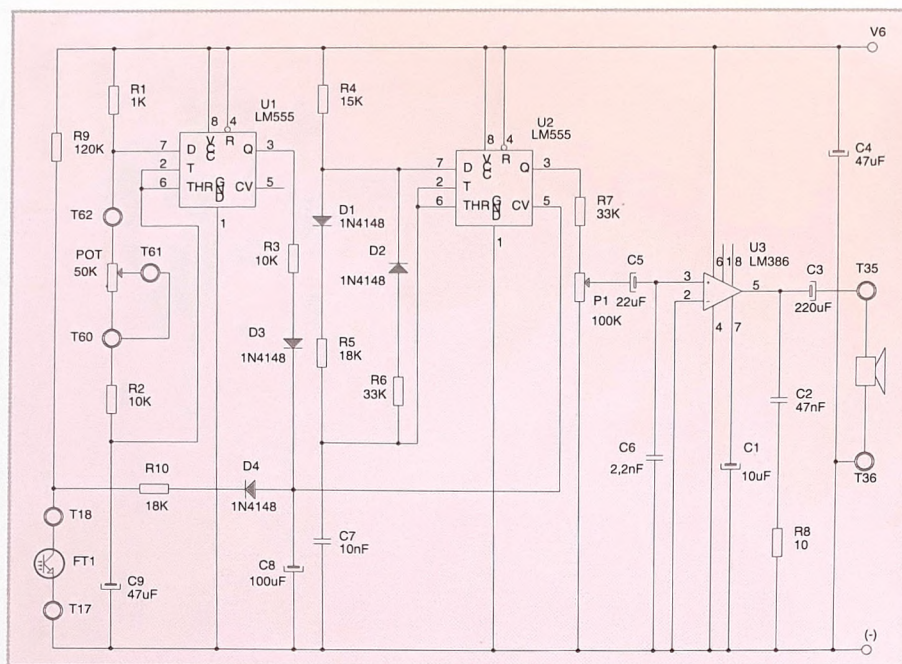
La differenza rispetto al precedente circuito sta nel fatto che si aggiunge un diodo D3. Si aggiunge il fototransistor FT1, con la sua resistenza di polarizzazione del collettore R9. Il segnale di uscita di questo circuito va portato all'ingresso di modulazione di U2, che è lo stesso terminale 5. A questo scopo, si utilizzano la resistenza R10 e il diodo D4.

La tensione d'ingresso che modula U2, quindi, si modifica con il livello di luce captato dal fototransistor.

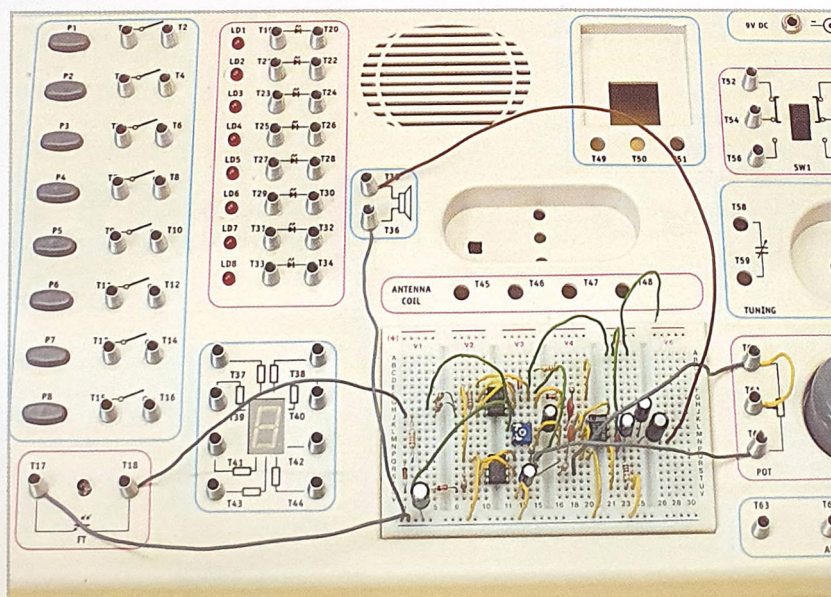
Doppia modulazione

Messa in funzione

Prima di collegare l'alimentazione al circuito, si devono rivedere bene tutte le connessioni, assicurandoci che i circuiti integrati siano stati inseriti correttamente e che i diodi siano stati collegati seguendone la polarità: il terminale corrispondente al catodo è quello più vicino alla banda stampata sul diodo.

Sirena modulata per mezzo della luce

COMPONENTI	
R1	1 K
R2,R3	10 K
R4	15 K
R5,R10	18 K
R6,R7	33 K
R8	10 Ω
R9	120 K
P1	100 K
C1	10 µF
C2	47 nF
C3	220 µF
C4,C9	47 µF
C5	22 µF
C6	2,2 nF
C7	10 nF
C8	100 µF
D1,D2,D3,D4	1N4148
U1,U2	LM555
U3	LM386
POT	
FT1 ALTOPARLANTE	

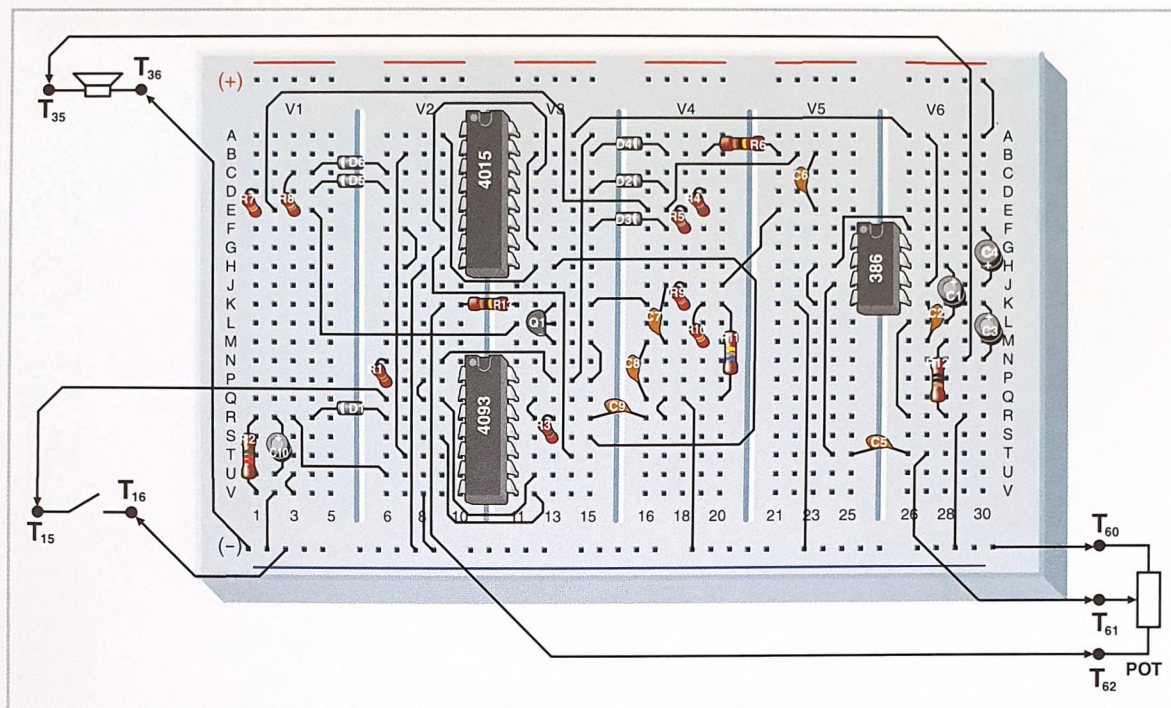
Quando si inizia la verifica, i cursori dei potenziometri andranno regolati approssimativamente a metà, la tensione di alimentazione può essere di 6, 7, 5 o 9 Volt, quindi, si potranno utilizzare i terminali V4, V5 o V6.

Quando si collega l'alimentazione, il circuito deve generare un suono abbastanza alto, simile a quello emesso da una sirena, per cui è probabile che si debba abbassare il volume usando il potenziometro di regolazione P1. Se non si dovesse ascoltare nessun suono, si verificherà innanzitutto che ci sia tensione nelle pile e, se così fosse, le si scollegherà e si rivedrà tutto il lavoro compiuto, verificando se tutte le connessioni sono state effettuate e se sono state realizzate correttamente.

Sirena modulata mediante la luce.

Esperimento 1

Quando si gira il comando del potenziometro del laboratorio, si osserva facilmente come si modifichi la modulazione del tono generato in U2. Si possono apprezzare anche i cambiamenti nel suono quando si evita che la luce colpisca il fototransistor FT1; possiamo migliorare questa verifica facendo incidere sul fototransistor una forte luce, naturale o artificiale, e osservando i cambiamenti del suono all'uscita quando lo si coprirà. Per coprirlo possiamo usare il tappo nero di un pennarello.

Campanello melodico

Generatore di melodie temporizzato e utilizzabile come campanello.

Il circuito è un generatore del suono che ripete una sequenza stabilita per un determinato periodo di tempo: possiamo utilizzarlo come campanello per la porta o come allarme per i sistemi di megafonia.

Quando si aziona il pulsante, si genera una melodia che si ripete ciclicamente fino a quando non finisce la temporizzazione. Il suono emesso dall'altoparlante risulta molto gradevole da ascoltare.

Il circuito

Osservando lo schema, possiamo vedere circuiti che già conosciamo. Il circuito integrato U3 è un registro di spostamento (shift register) che, per funzionare, ha bisogno di un clock.

Quest'ultimo segna il ritmo della melodia ed è costituito dalla porta U2D del circuito integrato 4093.

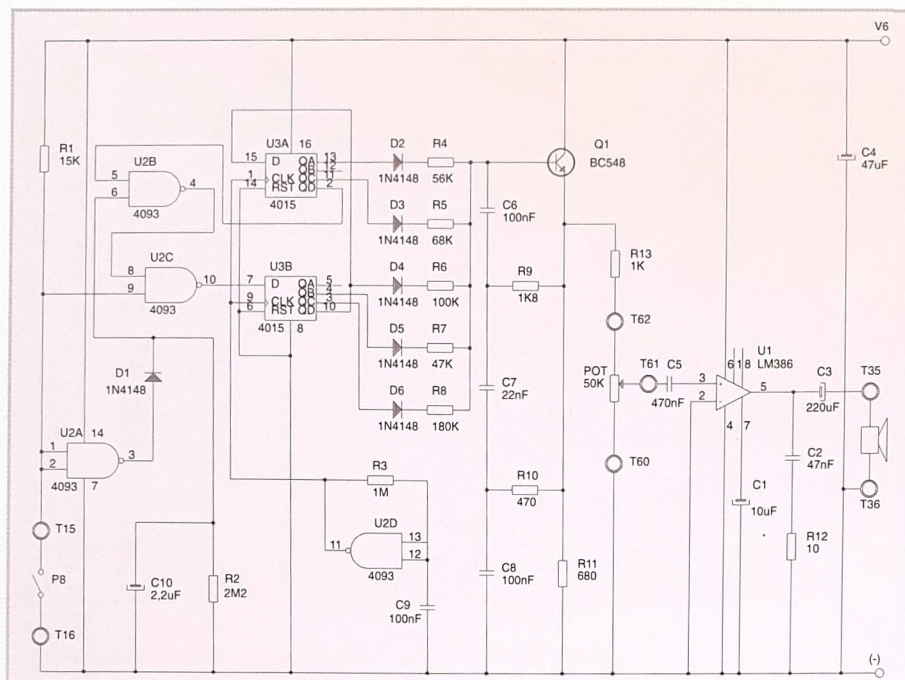
Il circuito d'accensione è stato integrato con il pulsante P8; quando P8 viene azionato, l'ingresso dell'inverter – formato dalla porta U2D – passa a livello basso, mentre la sua uscita va a livello alto e consente al registro di spostamento di iniziare il conteggio. I suoi ingressi, in questo caso, non sono a zero, perché al terminale 7 di U3 si applica il livello uno e inizia la melodia. La musica continua a suonare per tutto il periodo in cui il terminale 6 della porta U2B sta a livello alto. Ciò è reso possibile dalla carica immagazzinata nel condensatore C10, il quale si "scarica" lentamente attraverso la resistenza R2 fino a quando la tensione arriva a livello basso e la porta cambia di livello. Questo circuito funziona bene perché la corrente d'ingresso delle porte CMOS della serie 4000 è piccolissima. Il tono della melodia dipende dal valore di ciascuna delle resistenze da R4 a R8.

Quando si preme il pulsante, oltre ad attivare il temporizzatore, applichiamo all'ingresso dei dati, terminale 7 del 4015, un uno e poniamo a livello alto l'uscita della porta U2C.

Quando il circuito è in silenzio, lo si deve al fatto che il registro 4015 riceve solamente degli zero al suo ingresso e non genera alcun suono perché tutte le sue uscite sono a zero.

Una gradevole melodia

La melodia dipende dal numero di uno caricati, che, a sua volta, dipende dal tempo durante il quale è stato mantenuto premuto P8. Gli uno immagazzinati si spostano seguendo la sequenza del clock.

Campanello melodico

COMPONENTI	
R1	15 K
R2	2M2
R3	1 M
R4	56 K
R5	68 K
R6	100 K
R7	47 K
R8	180 K
R9	1K8
R10	470 Ω
R11	680 Ω
R12	10 Ω
R13	1 K
C1	10 µF
C2	47 nF
C3	220 µF
C4	47 µF
C5	470 nF
C6,C8,C9	100 nF
C7	22 nF
C10	2,2 µF
D2,D1,D3,D4,D5,D6	1N4148
Q1	BC548
U1	LM386
U2	4093
U3	4015
POT	
P8	
ALTOPARLANTE	

Messa in funzione

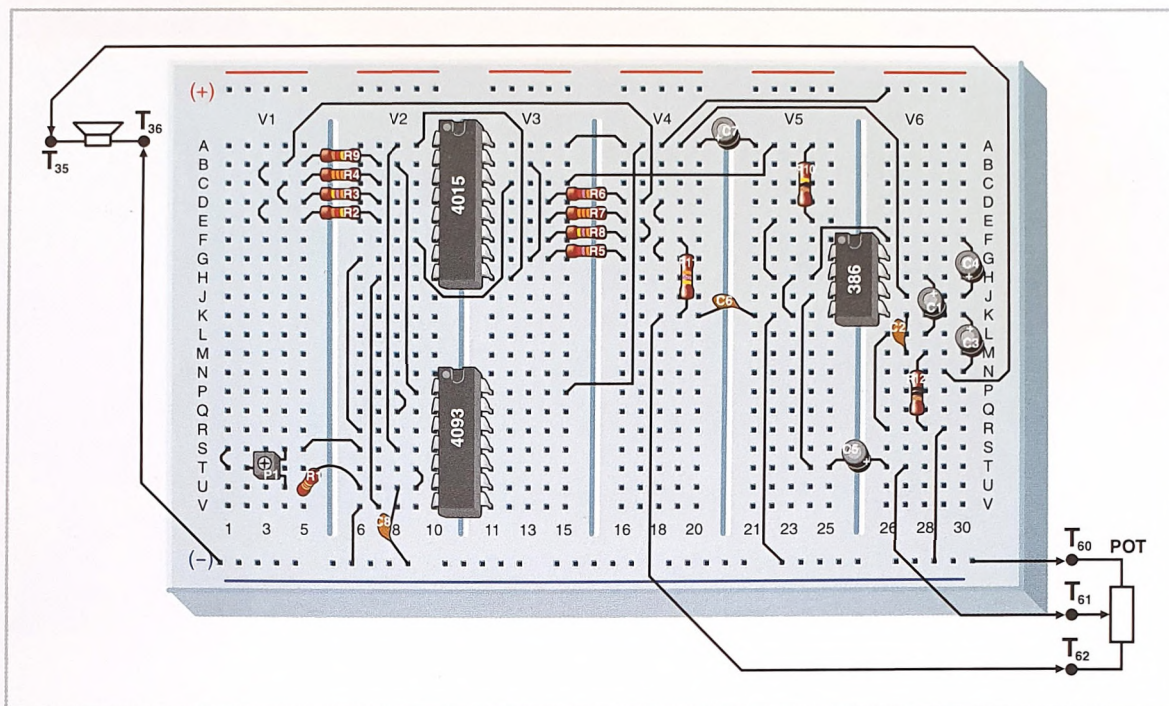
Il circuito deve funzionare da subito, se il montaggio è stato realizzato correttamente; per non commettere sbagli, ci si deve assicurare del valore di ogni componente utilizzato. Dopo aver collegato l'alimentazione, si premerà brevemente P8 e si ascolterà una melodia per alcuni secondi; dopo, il circuito cesserà di suonare. Se si preme nuovamente P8, la melodia dovrebbe ripetersi. Il volume non deve essere a zero. Se il periodo di tempo dovesse essere lungo, potrebbe succedere che si ascolterà la melodia diverse volte; se invece è brevissimo, non la si può ascoltare completamente.

Campanello musicale che emette una melodia.

Esperimenti

Il ritmo può essere modificato cambiando il valore della resistenza R3 o del condensatore C9. La temporizzazione dipende da C10; raccomandiamo di provare con valori di 1µF e di 4,7µF. Per valori maggiori il tempo risulterà più lungo.

Generatore audio digitale

Grazie a questo generatore otteniamo una sinusoide a tratti quasi perfetta.

Questa è un'applicazione un po' speciale per un registro di spostamento. Si ottiene un'onda sinusoidale in 16 livelli. La frequenza del segnale di uscita sarà quella del clock divisa per 16, così se si filtra questo segnale formato da gradini di tensione con un filtro passa basso, si ottiene un segnale sinusoidale quasi perfetto.

Il circuito

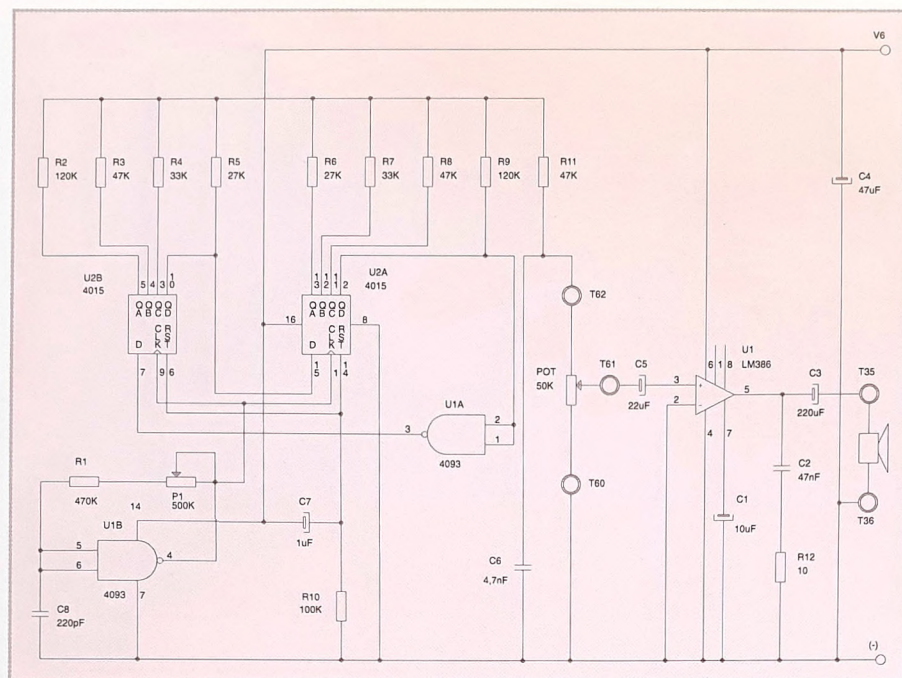
In questa applicazione si utilizzano i due registri da 4 bit del circuito integrato 4015, e andranno collegati in maniera tale che l'ultimo bit del primo registro, terminale 10 dell'integrato U2, si colleghi all'ingresso dei dati del secondo, terminale 15.

Quando si collega l'alimentazione al circuito, tutti i dati dell'uscita sono zero. Sfruttiamo questa circostanza per introdurre un uno nell'ingresso dei dati del primo registro, terminale 7 di U2B, per mezzo della porta invertente U1A, in modo che ciascun impulso del clock sposti questo livello alto da un'uscita alla successiva, fino a quando non arriverà un uno all'uscita QD di U2A, che invia all'ingresso dei dati un uno. Il dato che seguirà è uno zero, e il segnale decresce di altri otto valori.

Si ottiene così un'onda sinusoidale in 16 pezzi. La resistenza R11 e il condensatore C6 formano un semplice filtro passa basso, il cui effetto "smussa" gli scalini di tensione, per far apparire il segnale ancora più simile a una sinusoide. Il circuito parte con tutte le uscite a zero, grazie alla rete RC formata dal condensatore C7 e la resistenza R10, che, essendo collegati agli ingressi di RESET dell'integrato – terminali 6 e 14 – ricevono un impulso positivo nell'istante della connessione. Quando il condensatore è carico il terminale è tenuto a livello basso dalla resistenza R10.

L'oscillatore principale è formato dalla porta U1B del circuito integrato 4093. Cambiando la frequenza di questo oscillatore, cambia la frequenza del segnale di uscita. Anche se è stato progettato per le frequenze audio, questo circuito può lavorare a frequenze molto maggiori: può arrivare, senza problemi, fino a quasi 1 MHz per lo stadio oscillatore principale; chiaramente, per frequenze elevate si deve diminuire il valore del condensatore C6. Di regola, ogni volta che si raddoppia la frequenza, si

Sinusoide digitale

Generatore audio digitale

COMPONENTI	
R1	470 K
R2,R9	120 K
R3,R8,R11	47 K
R4,R7	33 K
R5,R6	27 K
R10	100 K
R12	10 Ω
P1	500 K
C1	10 µF
C2	4,7 nF
C3	220 µF
C4	47 µF
C5	22 µF
C6	4,7 nF
C7	1 µF
C8	220 pF
U1	4093
U2	4015
U3	LM386
POT	ALTOPARLANTE

deve dividere per due il valore di C6. Lo stadio amplificatore di uscita non è necessario, ma viene incluso per verificare il funzionamento del circuito. Se si dispone di un amplificatore audio esterno, per esempio quello dell'hi-fi, non sarà necessario montarlo.

Generatore digitale per frequenze audio.

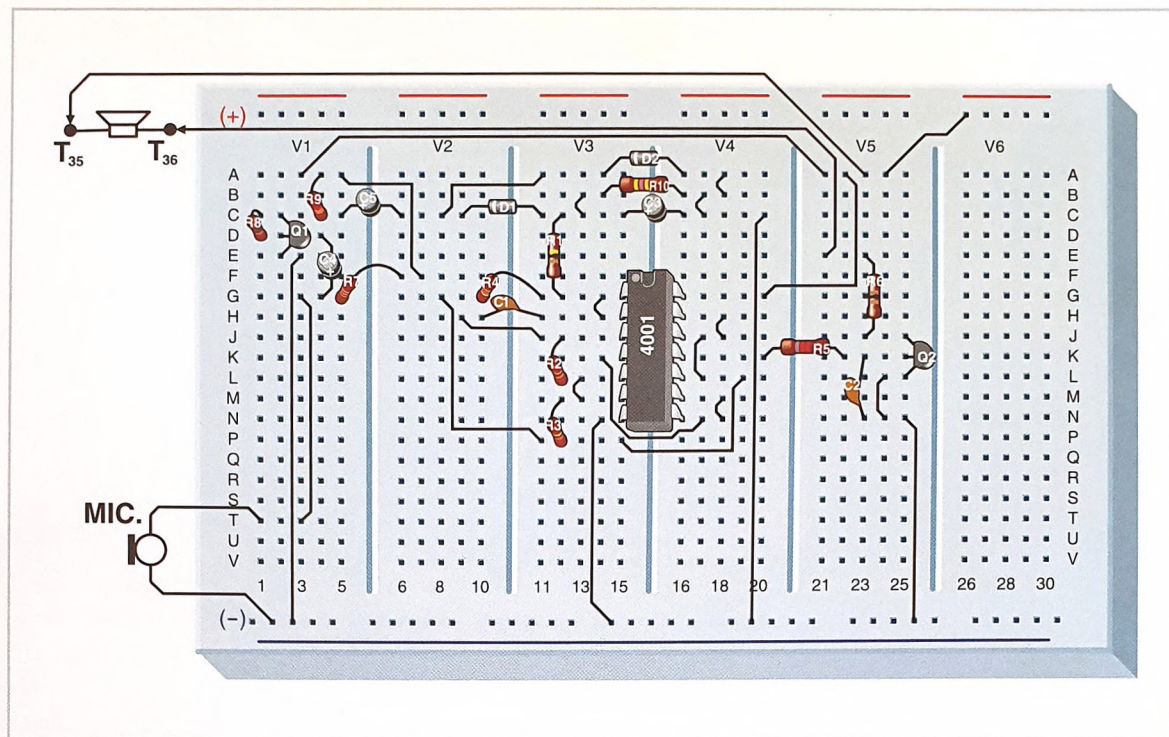
Messa in funzione

Il circuito deve funzionare fin dalla prima volta. La frequenza del segnale di uscita si regola con il comando del potenziometro che controlla la frequenza dell'oscillatore che viene utilizzato come clock e che è 16 volte superiore alla frequenza di uscita.

Esperimento 1

I valori delle resistenze da R2 a R9 non possono essere cambiati, perché, in tal caso, si deformerebbe l'onda di uscita e non sarebbe più sinusoidale. Si possono cambiare i componenti dell'oscillatore principale, utilizzato come clock, o usare un altro circuito di clock diverso.

Oscillatore controllato dal rumore

La frequenza di uscita varia a seconda del livello del rumore captato.

Il circuito che si realizzerà in questo esperimento è un VCO. Questo circuito, come indica la sigla, è un oscillatore controllato dalla tensione. La frequenza del segnale, cioè, dipende da una tensione che si applicherà in un punto del circuito. In questo caso, la tensione si ottiene dal rumore ambientale che viene captato da un microfono.

Il circuito

Il circuito captatore è costituito da un preamplificatore del segnale del microfono. La resistenza R1 serve per polarizzare il microfono, condizione indispensabile perché questo microfono electret funzioni. Il segnale captato viene portato per mezzo di un condensatore di disaccoppiamento fino alla base di un transistor – che è un amplificatore – configurato come emettitore comune. Il segnale captato e amplificato viene prelevato direttamente dal collettore e, attraverso un condensatore, viene eliminata la componente continua. Il segnale alternato che attraversa il condensatore viene rettificato e utilizzato per caricare il condensatore C3 a un livello che dipenderà dal segnale captato. La tensione del condensatore si scarica lentamente mediante la resistenza R4. La tensione è quella d'ingresso al VCO costituito dalle porte logiche NOR e che segnerà la frequenza di uscita sulla base del transistor Q1, nel cui collettore è posto l'altoparlante, dal quale potremo ascoltare il ronzio del suono generato dal VCO.

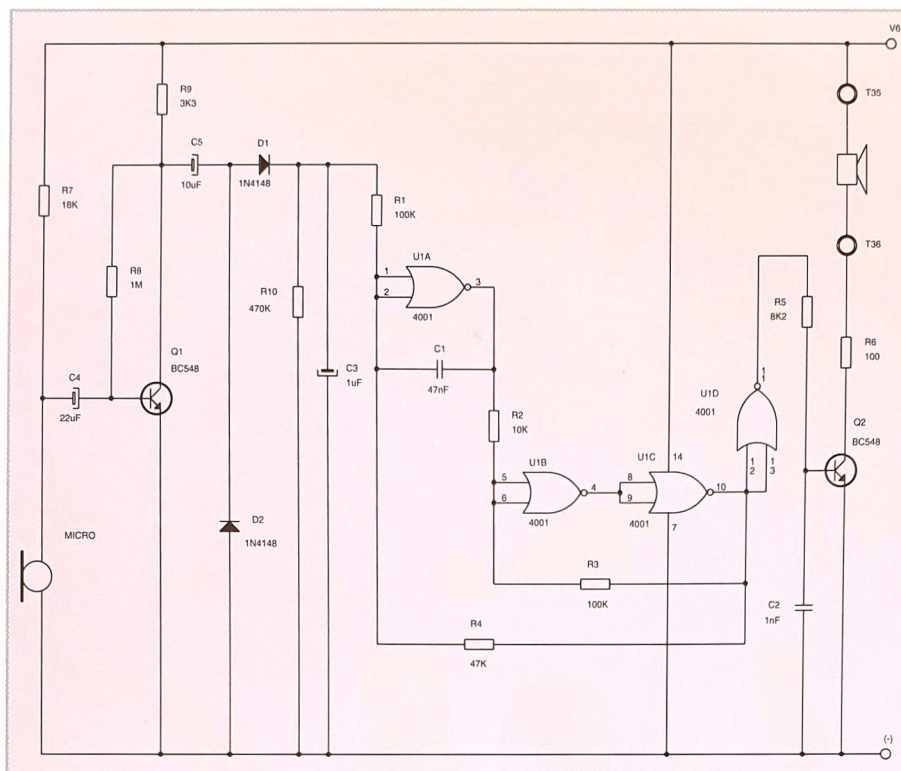
Un VCO controllato dal rumore

Funzionamento

Forse la parte più importante del circuito è la prima, nella quale viene realizzata la conversione del rumore captato in una tensione proporzionale, e viene mantenuta nel tempo per essere poi collegata all'ingresso del VCO. La seconda parte del circuito è stata spiegata in DIGITALE 38, quindi la dovremmo già conoscere. In questo circuito si riesce a ottenere un VCO con una frequenza che cambierà in funzione del segnale captato dal microfono.

Messa in funzione

Per assicurare il funzionamento del circuito, prima di colle-

Oscillatore controllato dal rumore

COMPONENTI	
R1, R3	100 K
R2	10 K
R4	47 K
R5	8K2
R6	100 Ω
R7	18 K
R8	1M
R9	3K3
R10	470 K
C1	10 nF
C2	1 nF
C3	1 µF
C4	22 µF
C5	10 µF
U1	4001
Q1, Q2	BC548
D1, D2	1N4148
POT	
ALTOPARLANTE	

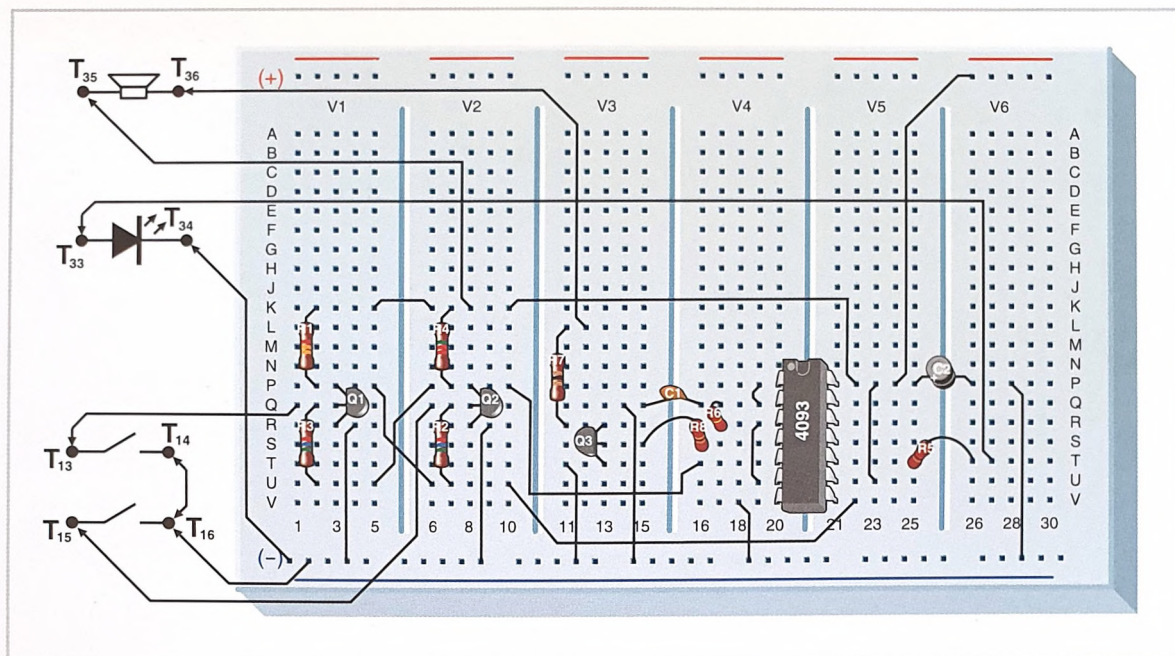
gare l'alimentazione si devono rivedere tutte le connessioni di tutti i componenti e, soprattutto, la polarità dei due transistor, dei diodi e dei condensatori elettrolitici.

Il livello di tensione in C3 stabilisce la frequenza di uscita.

Esperimenti

Il circuito ha un range di frequenze accettabile, ma lo possiamo anche cambiare agendo sulla resistenza R4 e/o sul condensatore C1. Un altro esperimento che possiamo effettuare è cambiare la potenza di uscita dell'altoparlante: basterà cambiare il valore delle resistenze R6 e R5. Per aumentare la potenza basterà diminuirne una qualsiasi, mentre per diminuire la potenza, ne dovremo aumentare il valore. Se volessimo aumentare la potenza dovremo cercare di non distruggere il transistor, introducendo attraverso la base molta corrente o lasciando circolare nel collettore troppa corrente.

Generatore con pulsanti ON e OFF

Ha due pulsanti dotati di memoria, uno per l'attivazione e l'altro per la disattivazione.

Quando si utilizza lo stesso pulsante per attivare e disattivare un circuito, si deve fare molta attenzione ai rimbalzi e a non premerlo due volte. Il problema nasce quando non si può sentire in modo chiaro l'effetto causato dall'attivazione del pulsante. Lo stesso problema si può presentare quando si utilizza molte volte un interruttore: sorge il dubbio se sia stato premuto in modo corretto oppure no, e per verificarlo dobbiamo tornare alla sua precedente posizione, quindi alla sua disconnessione. Utilizzando questo circuito con due pulsanti, anche se non ricordiamo in quale stato sia il circuito, possiamo tranquillamente azionare il pulsante che corrisponde allo stato voluto del circuito, senza preoccuparci se sia attivato oppure no. L'unico requisito dal punto di vista pratico è che bisogna marcare i pulsanti con ON e OFF oppure con ACCESO e SPENTO.

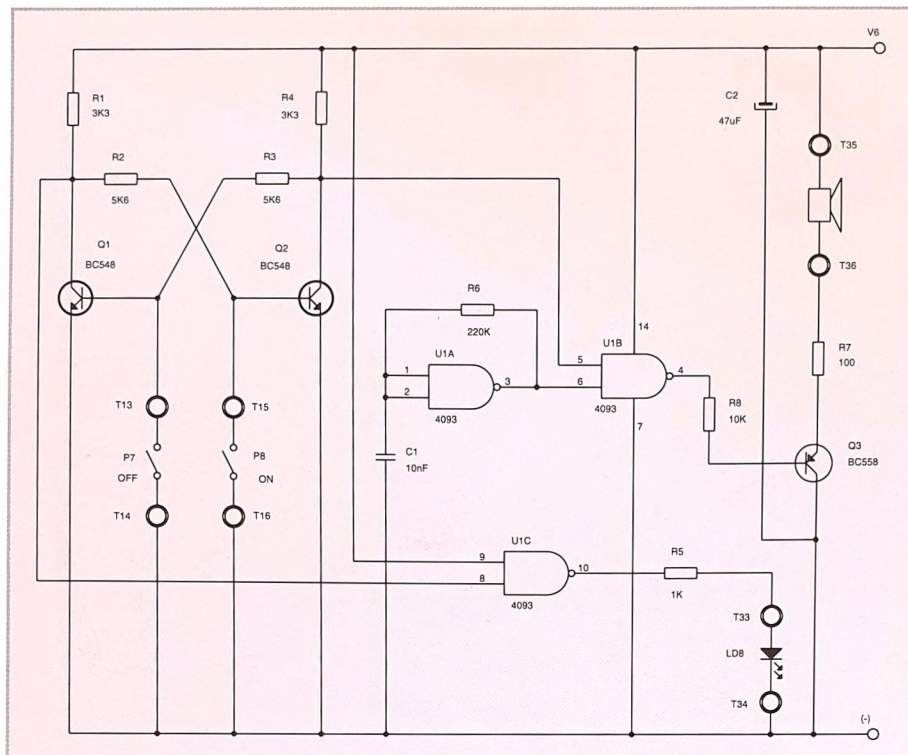
Funzionamento

Il funzionamento è semplicissimo: premendo P8 si accende il LED e si ascolta un suono nell'altoparlante, mentre premendo P7 il LED si spegne e l'altoparlante non emette alcun suono. Anche premendo nuovamente il medesimo pulsante, il circuito non deve cambiare stato.

Il circuito

Il circuito è composto da diverse parti che ora spiegheremo. L'oscillatore audio è formato da una porta U1A del circuito integrato 4093; la frequenza di oscillazione dipende dai valori della resistenza R6 e del condensatore C1. L'uscita di questo oscillatore si applica alla porta NAND U1B, di cui utilizziamo l'uscita per eccitare la base di un transistor che controlla la corrente che circola nell'altoparlante. Quando questa è alternata ed ha una frequenza all'interno della banda audio, dall'altoparlante potremo ascoltare un suono. Il suono si sente quando il livello del segnale nell'ingresso 5 della porta 1B è alto e ciò succede azionando il pulsante ON. Grazie a questa azione il transistor Q2 cessa di condurre e il livello di tensione nel punto di unione delle resistenze R3 e R4 sale. Questa, a sua volta, fa sì che la base dell'altro transistor Q1 si polarizzi attraverso la resistenza R3, inoltre, entrando in conduzione Q1, il punto di unione delle resistenze R1 e R2 passa a livello bassissimo e la tensione applicata alla base del transistor Q2, che era già

Si può premere nuovamente il tasto

Generatore con pulsanti ON e OFF

COMPONENTI	
R1, R4	3K3
R2, R3	5K6
R5	1 K
R6	220 K
R7	100 Ω
R8	10 K
C1	10 nF
C2	47 µF
Q1, Q2	BC548
Q3	BC558
U1	4093
P7, P8	
LD8	
ALTOPARLANTE	

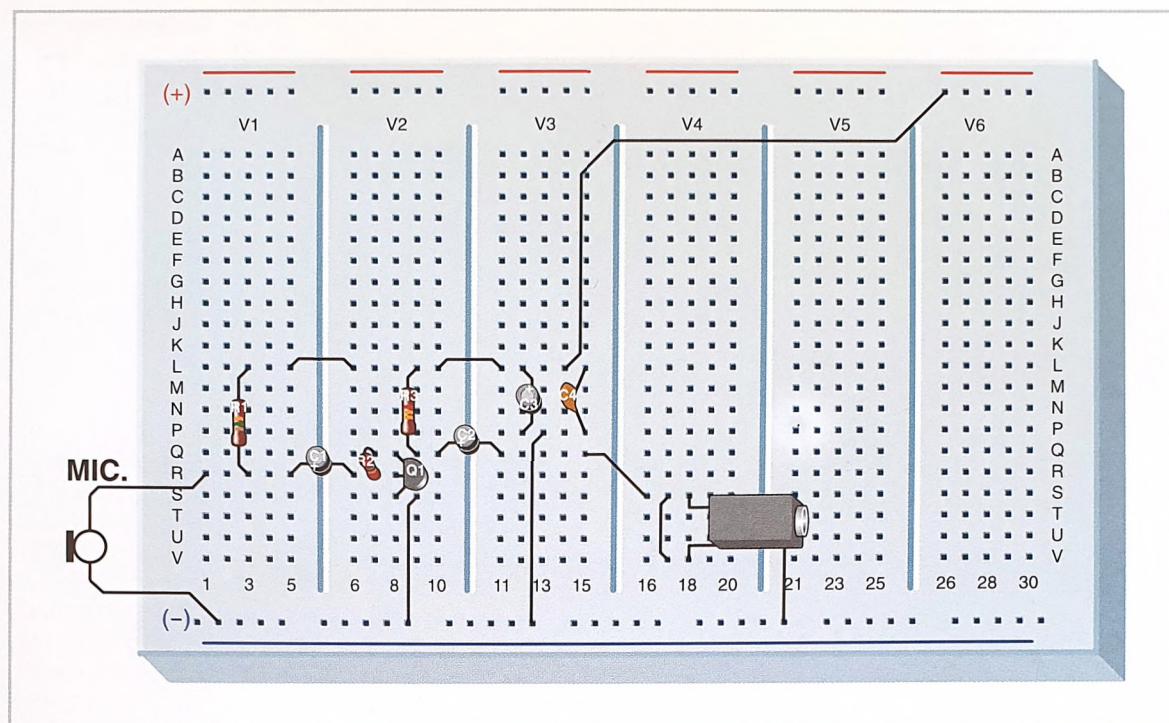
molto basso per l'azione del pulsante, scende a un valore minimo. In questo modo, memorizza l'azione di P8, perché mantiene i transistor in questo stato fino a quando non si preme P7 (OFF). La porta U1C viene utilizzata per illuminare il diodo LED LD8: quando il suo ingresso 8 è a livello basso, l'uscita è a livello alto e il LED si illumina: ciò succede quando si preme ON.

Oscillatore audio controllato da pulsanti con memoria.

Messa in funzione

Il circuito deve funzionare senza problemi se si eseguono correttamente le connessioni e se i componenti sono in buono stato. Questo circuito è sperimentale; se il suono è sgradevole, possiamo provare diversi valori per R6 e C1. Il circuito si può utilizzare come sistema di comando e consuma anche se è attivato il pulsante OFF. Dobbiamo tenerne conto per non lasciar collegata l'alimentazione delle pile.

Preamplificatore per microfono

Circuito adattatore di microfono per amplificatori audio.

Gli ingressi AUDIO IN di molti apparecchi hanno generalmente bisogno di un livello audio abbastanza alto, molto superiore a quello erogato da un microfono. Inoltre, in genere, ci scontriamo con il fatto che molti amplificatori non hanno l'ingresso per il microfono.

Il microfono del laboratorio può essere utilizzato a questo scopo, con un circuito preamplificatore molto efficace, ma di veloce costruzione perché contiene pochi componenti. Questo tipo di circuito si chiama generalmente preamplificatore o pre.

Funzionamento

Il montaggio ha un circuito amplificatore in emettitore comune costruito con un unico transistor e due resistenze, quella di polarizzazione della base, R2, e quella di polarizzazione del collettore, R3. Gli ingressi e le uscite di questo circuito devono essere alternate, quindi per non alterarne la polarizzazione dobbiamo usare i condensatori di disaccoppiamento d'ingresso e di uscita. Questo ci consente, inoltre, di polarizzare il microfono electret con la resistenza R1. Ricordiamo ancora una volta che i microfoni electret necessitano di alimentazione; in questo caso l'alimentazione viene ricevuta per mezzo di questa resistenza.

Adatta il microfono agli ingressi audio

Messa in funzione

Il circuito non deve presentare problemi di funzionamento, se il collegamento è stato adeguatamente eseguito. Dobbiamo fare attenzione alla connessione del transistor e alla polarità dei condensatori elettrolitici. Le connessioni devono essere eseguite con i cavi il più possibile corti.

Anche il microfono è dotato di polarità. In caso di dubbio, andremo a rivedere la scheda 41 del laboratorio per verificarlo. Dovremo, inoltre, collegare adeguatamente il connettore di uscita audio.

La connessione

La connessione all'amplificatore deve essere obbligatoriamente eseguita con un cavo audio schermato. Possiamo costruirlo o comprarlo già montato: da un la-

Preamplificatore per microfono

Preamplificatore per microfono.

COMPONENTI	
R1	15 K
R2	1 M
R3	3K3
C1	22 µF
C2	10 µF
C3	47 µF
C4	100 nF
Q1	BC548
MICRO	
JACK	

to deve avere un jack maschio stereo di mm. 3,5 di diametro e dall'altro lato il connettore adeguato all'ingresso AUDIO IN dell'amplificatore dell'altra apparecchiatura a cui si collega.

Generalmente, si tratta di due connettori del tipo RCA. Questo cavo deve essere schermato e la schermatura, sotto forma di calza, deve potersi sempre collegare alla parte più esterna del connettore che, nel laboratorio, corrisponde alla connessione del negativo dell'alimentazione (-). Il cavo può essere lungo tre o quattro metri e deve essere schermato. Se non lo fosse, il rumore emesso dagli altoparlanti potrebbe essere molto fastidioso.

Amplificatore audio da 250 mW

Amplificatore di potenza che eccita un altoparlante da 8 Ohm.

Questo amplificatore è comunissimo e utilizza uno stadio di uscita con due transistor complementari ad alto guadagno, due transistor, cioè, con caratteristiche simili ma che siano uno PNP e l'altro NPN. Utilizza un controllo del volume per regolare la sensibilità dell'ingresso; per avere una potenza di uscita di 250 mW con una carica di 8 Ω, il valore dell'ingresso dovrà essere al massimo di circa 100 mV. Ha moltissime applicazioni e può sostituire, in quasi tutte le sue applicazioni in cui si abbia bisogno di un amplificatore audio, i circuiti costruiti con l'LM386. Agli appassionati di calcoli diciamo che il guadagno del circuito è di 15.

Il circuito

L'ingresso al circuito si realizza attraverso il condensatore di disaccoppiamento C1. Il transistor Q1 amplifica l'ingresso e fa da "driver" o da pilota dello stadio di uscita complementare. Ognuno dei transistor dell'uscita amplifica una semionda, quindi dovrebbero condurre alternativamente.

Ai meno esperti potrebbe sembrare strano che siano collegati tra il positivo e il negativo dell'alimentazione senza utilizzare nessuna resistenza limitatrice intermedia. Il segnale di uscita viene estratto dal punto di unione degli emettitori di ambedue i transistor, e contiene anche una componente continua di circa la metà della tensione dell'alimentazione e di conseguenza per collegarsi all'altoparlante ha bisogno di un condensatore di disaccoppiamento, in questo caso C2, da 100 µF.

Va sottolineato che in questo circuito l'altoparlante si collega tra l'uscita e il positivo invece che tra l'uscita e il negativo come d'abitudine. Questo tipo di configurazioni permette di ottenere un'impedenza di uscita molto bassa, per cui si ha una corrente di uscita elevata che permette di eccitare direttamente un altoparlante senza particolari problemi.

Miniamplificatore per altoparlante

Messa in funzione

La messa in funzione è semplice, ma dobbiamo fare attenzione a non confondere i transistor perché anche se sono diversi si somigliano molto. Inoltre, è molto importante rispettare la polarità dei diodi e dei condensatori elettrolitici.

Amplificatore audio da 250 mW

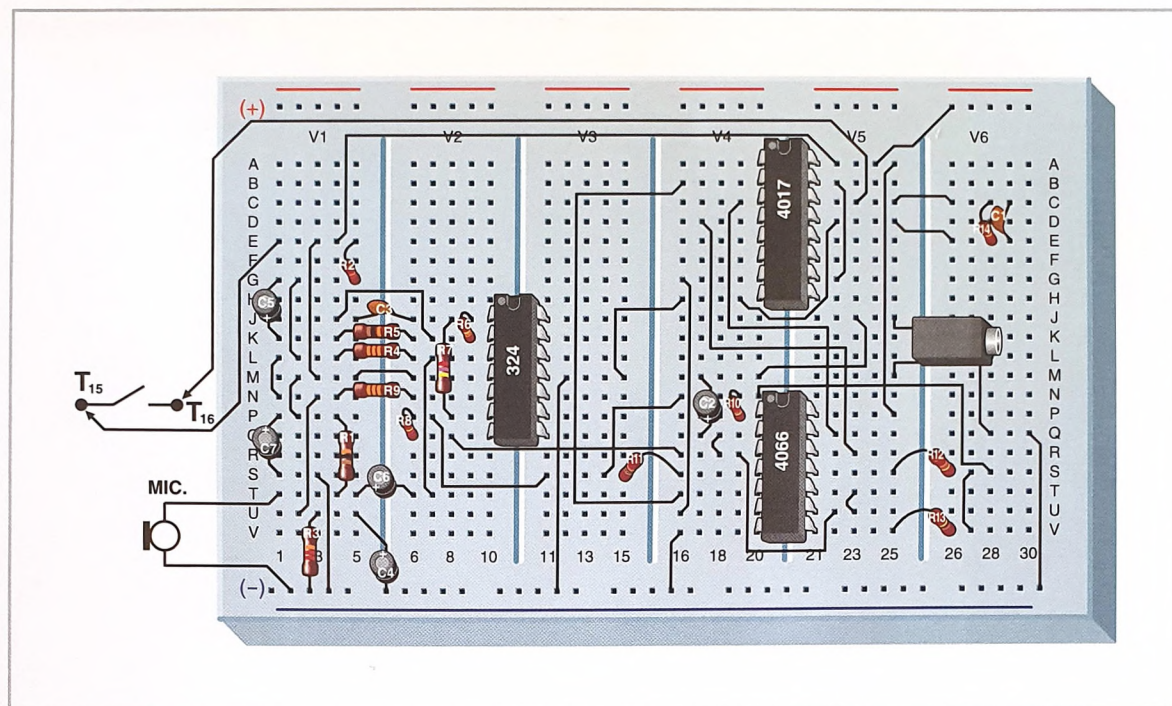
Amplificatore audio da 250 mW destinato a diverse applicazioni.

COMPONENTI	
R1	4K7
R2	82 K
R3	12 K
R4	1K8
C1	22 µF
C2	100 µF
C3	470 µF
D1, D2	1N4148
Q1	BC548
Q2	BC338
Q3	BC328
POT	

Esperimento

Questo amplificatore può essere utilizzato per amplificare, per esempio, il segnale di uscita degli auricolari di un walkman. Può essere utilissimo usare il jack di connessione. Non consigliamo di cambiare il valore delle resistenze; per cambiare il guadagno possiamo cambiare solamente il valore di R1. Possiamo diminuire anche la capacità del condensatore di disaccoppiamento dell'uscita C2: limitiamo così la risposta per le basse frequenze, perciò possiamo costruire un amplificatore degli acuti. Raccomandiamo di provare con diversi valori. Possiamo impiegare anche condensatori non polarizzati con dielettrico in ceramica o in poliestere.

Controllo del volume per preamplificatore

Il guadagno del circuito si seleziona con un pulsante.

Il circuito di questo esperimento costituisce uno stadio preamplificatore completo, con incluso un piccolo controllo del volume a quattro passaggi. La parte audio è realizzata con amplificatori operazionali, resistenze e condensatori mentre lo stadio del volume ha un controllo digitale.

Il circuito

Il microfono deve essere polarizzato in continua mediante la resistenza R1.

Facendola passare attraverso il condensatore C5 si elimina la tensione continua del segnale di uscita del condensatore. L'amplificatore U1A è configurato come non invertente, in questo modo il segnale audio si somma ad una continua, e si amplifica senza invertirsi. L'uscita, terminale 1 di U1A, si amplifica nuovamente mediante U1B. Ogni volta che si aziona il pulsante si genera un fronte all'ingresso del clock del 4017 per cui si attivano in sequenza le uscite da Q0 a Q3. Ognuna delle uscite del 4017 attiva una delle porte del 4066 per cui si cambia la resistenza di retroazione di U1B e di conseguenza muta anche il suo guadagno, e il livello del segnale di uscita. Dopo aver selezionato l'ultima uscita, Q3, del 4017, all'impulso successivo si attiva Q0 perché l'uscita Q4 resetta il 4017.

Quattro guadagni da scegliere

Funzionamento

Il primo stadio amplificatore è costituito dal microfono polarizzato in continua e dall'operazionale U1A che ha un guadagno fisso. Il secondo stadio viene integrato dall'amplificatore operazionale U1B.

Il suo guadagno dipenderà dalla porta di trasmissione che esso attiva per mezzo dell'uscita del 4017 perché la resistenza associata alla porta sarà quella che, messa in parallelo con R8, ci assicura il guadagno del circuito.

L'integrato U3 ci servirà da selettore digitale: ogni volta che si aziona il pulsante cambia l'uscita attiva e quindi per la retroazione si sceglie un'altra resistenza.

Messa in funzione

Prima di collegare l'alimentazione al circuito bisogna rivedere tutte le connessioni, la polarità di

Controllo del volume per preamplificatore

COMPONENTI	
R1	10 K
R2, R3	22 K
R4, R9	33 K
R5	10 K
R6	330 K
R7, R10	4K7
R8	220 K
R11	15 K
R12	47 K
R13	100 K
C1	470 pF
C2, C7	22 µF
C3	22 pF
C4	47 µF
C5	2,2 µF
C6	10 µF
U1	LM324
U2	4066
U3	4017
MICROFONO	
P8	
JACK	

alcuni componenti (come i condensatori elettrolitici) e l'alimentazione dei circuiti integrati. Va collegata anche l'alimentazione del 4066 i cui terminali positivo e negativo sono rispettivamente il terminale 14 e il 7. Per poter ascoltare l'uscita del microfono, va collegata l'uscita 'AUDIO OUTPUT' all'ingresso di un amplificatore di potenza, potrebbe essere quello dell'esperimento AUDIO 8, o a qualunque amplificatore di potenza.

Il guadagno diminuisce man mano che aumenta l'ingresso selezionato.

Esperimento

Uno dei vari esperimenti da effettuare potrebbe consistere nel cambiare valore alle resistenze da R10 a R13 per ottenere altri guadagni.

Se il circuito dovesse essere troppo sensibile se ne potrà diminuire la sensibilità aumentando il valore della resistenza R7: possiamo provare con 10 K, 22 K, 47 K eccetera.